

Dynamiques environnementales

Journal international de géosciences et de l'environnement

36 | 2015

Environnement et santé : où en est la géographie ?

Fabrice Courtin, Ibrahima Sy et Handschumacher Pascal (dir.)



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/dynenviron/935>

DOI : 10.4000/dynenviron.935

ISSN : 2534-4358

Éditeur

Université d'Orléans

Édition imprimée

Date de publication : 1 juillet 2015

ISBN : 979-10-300-0107-5

ISSN : 1968-469X

Référence électronique

Fabrice Courtin, Ibrahima Sy et Handschumacher Pascal (dir.), *Dynamiques environnementales*, 36 | 2015, « Environnement et santé : où en est la géographie ? » [En ligne], mis en ligne le 01 juillet 2016, consulté le 26 février 2026. URL : <https://journals.openedition.org/dynenviron/935> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/dynenviron.935>

Ce document a été généré automatiquement le 16 février 2023.



Le texte seul est utilisable sous licence CC BY-NC-ND 4.0. Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont susceptibles d'être soumis à des autorisations d'usage spécifiques.

L'actualité nous rappelle l'importance du lien entre santé et environnement. L'épidémie d'ébola, qui s'est déclenchée en Afrique de l'ouest en 2013-14, est un exemple déterminant de ce lien entre environnement et santé. La géographie, discipline où l'interaction entre l'homme et le milieu naturel offre un angle de réflexion inédit sur cette question, permet de découvrir une vision globalisée des maladies et de l'accès aux soins au niveau d'une population et donc d'un territoire, du local à l'international, de l'infection à la pandémie. Les auteurs s'interrogent donc, dans cet ouvrage tout en couleur (richement illustré de photos et de cartes), sur le rôle de la géographie dans la compréhension de l'évolution des maladies, bactéries, virus, de leurs expansions. Ils essaient d'expliquer comment mettre en place des solutions sanitaires acceptables par les populations. Dans ce livre sont traités la crise ébola 2013-2014, les trypanosomiasés ou maladies du sommeil, les diarrhées infectieuses, le paludisme... mais aussi les inégalités de soin, la vulnérabilité des populations face aux risques de santé en France, en Europe et dans les pays de la ceinture tropicale.

SOMMAIRE

Editorial

Jean-Paul Moatti

Introduction

Pascal Handschumacher, Fabrice Courtin et Ibrahima Sy

La dynamique spatio-temporelle du virus Ebola dans l'espace CEDEAO

Les leçons géographiques d'une catastrophe épidémiologique

Fabrice Courtin, Philippe Msellati et Pascal Handschumacher

Observatoire Scientifique en Appui à la Gestion de la Santé sur un territoire (OSAGE-S)

Mireille Fargette, Roger Frutos, Aurélie Merlin, Patrice Ravel, Tri Baskoro Tunggul Satoto, Eka Andayani, Susi Damayanti, Guilhem Kister, Ngu Duy Nghia, Yannick Bardie, Emmanuel Cornillot, Christian Devaux, Catherine Moulia, Laurent Gavotte, Laurence Briant, Nathalie Chazal et Thérèse Libourel

La contribution de la géographie et de l'anthropologie dans l'analyse et la compréhension des inégalités socio-territoriales du paludisme au Cambodge

Frédéric Bourdier

Environnement et santé : une approche géographique du paludisme au Mondolkiri (Cambodge)

Entre espaces vécus et pratiques de santé

Simon Tomasi et Rath Vanny

Analyse de la distribution socio-spatiale du paludisme dans une ville moyenne ouest africaine, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso)

Florence Fournet, Daouda Kassié, Roch K. Dabiré et Gérard Salem

Dynamiques de peuplements, modifications environnementales et variation du risque trypanosomien dans le sud-ouest du Burkina Faso de 2005 à 2014

Pierre Fauret, Charles Dayo, Jean-Baptiste Rayaisse, Sié Herman Pooda, Fabien Dofini, Philippe Salano, Bernard Calas et Fabrice Courtin

Qualités de l'eau et santé en contexte urbain sahélien et semi-aride

Approche géographique à Nouakchott (Mauritanie)

Ibrahima Sy, Doulo Traoré, Brama Koné, Aminata Niang Diène, Baidy Lô, Ousmane Faye, Jürg Utzinger, Guéladio Cissé et Marcel Tanner

Impact environnemental de la diffusion de produits phytosanitaires par ruissellement

Deux exemples contrastés en Europe et en Afrique

Emmanuelle Cadot, Valérie Borrell Estupina, Marine Rousseau et David Sebag

L'approche géographique de la santé développée au Centre Muraz de 1999 à 2014 (Burkina Faso)

The geographic approach to health developed in Centre Muraz from 1999 to 2014 (Burkina Faso)

Jérémi Rouamba

Editorial

Jean-Paul Moatti

- 1 Je ne peux que très vivement me féliciter de l'initiative de la revue *Dynamiques Environnementales* de consacrer une de ses livraisons de 2016 aux relations environnement et santé, et plus particulièrement à la contribution de la géographie dans ce champ. Le moment ne pouvait être mieux choisi. L'année 2015 a vu un profond renouvellement de l'agenda international sur les questions de développement puisque se sont successivement tenues, en Juillet à Addis-Abeba, la 3^e Conférence internationale sur le financement du développement, en Septembre à New-York le sommet des Nations Unies qui a vu l'adoption des 17 nouveaux Objectifs du Développement Durable (ODD), objectifs universels censés, selon le rapport de synthèse du Secrétaire Général Ban Ki Moon tracer la route « *vers la dignité pour tous d'ici 2030* », et enfin, à Paris en Décembre, la 21^e Conférence des Parties de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (COP 21) qui de l'avis unanime est parvenue à un accord « historique » en matière de lutte contre le réchauffement climatique qu'il s'agit désormais de concrétiser à l'échelle planétaire. Tant les ODD que l'accord obtenu à la COP 21 ne sont pas exempts, dans leur lettre même, d'incohérences et leur mise en œuvre effective peut, si l'on n'y prend pas garde, exacerber ces incohérences : une vision à court terme des nécessités de la lutte contre la pauvreté ou pour la sécurité alimentaire (ODD 1 et 2) peut, par exemple, favoriser des choix technologiques et économiques qui hypothèquent à moyen terme la réalisation des ODD 15, 14, 13 et 3 qui concernent respectivement la préservation de l'environnement terrestre, des océans, la lutte contre les effets du réchauffement climatique, et l'amélioration de la santé et la promotion « *du bien-être de tous à tout âge* ». Ce sont des avancées de la science que l'on peut raisonnablement attendre des solutions qui permettent de concilier entre eux les objectifs de développement durable, de construire les coalitions innovantes d'acteurs qui permettront de les imposer en pratique, et de fournir en quantité suffisante les biens publics globaux dont la planète a besoin, et, la prise en compte de la dimension spatiale et territoriale aux différentes échelles appropriées est souvent une condition indispensable de ces avancées scientifiques.
- 2 C'est d'ailleurs à un double titre que je suis persuadé du grand intérêt des contributions contenues dans ce numéro de *Dynamiques Environnementales*.

- 3 À titre personnel d'abord, puisque commencée en économie de l'environnement, poursuivie en économie de la santé, et accompagnée de prises de responsabilité diverses à l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), au Fonds Mondial de Lutte contre le Sida, la Tuberculose et la Malaria ou à la direction de l'Institut Thématique Multi-Organismes de Santé Publique de l'Alliance des Sciences de la Vie et de la Santé en France (AVIESAN), ma carrière de chercheur ne peut que me convaincre de la pertinence et de l'actualité scientifique des thématiques concernant les liens réciproques entre environnement et santé et de l'intérêt du dialogue interdisciplinaire sur ce sujet, d'abord à l'intérieur des sciences humaines, économiques et sociales (SHES) et entre celles-ci et les autres disciplines scientifiques concernées. Le rôle des zoonoses ou celui des modifications environnementales liées à la pression anthropique sur les forêts tropicales dans l'émergence, ou la réémergence, d'agents infectieux susceptibles de générer de graves épidémies, voire des pandémies mondiales, la transition épidémiologique qui situe désormais la majorité du « fardeau global » des maladies chroniques non transmissibles dans les pays dits « en développement » (PED), le succès croissant dans le champ scientifique lui-même du concept « *one health* » qui insiste sur la prise en compte du nécessaire continuum entre santé végétale, animale et humaine, la complémentarité des recherches épigénétiques, épidémiologiques et de SHES pour conforter l'hypothèse des origines développementales de la santé et des maladies (DOHAD) qui identifie les premières années de la vie, de la période fœtale jusqu'à l'adolescence comprise, comme une période clé pour la santé tout au long du cycle des individus, sont autant d'exemples d'actualité.
- 4 C'est aussi bien sûr au titre de la responsabilité de Président-directeur général de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), que j'exerce depuis Mars 2015, que la réalisation de ce numéro me procure un grand plaisir. Ce n'est en aucun cas le fruit du hasard si beaucoup des contributions ici rassemblées émanent de chercheurs appartenant à ce que nous nommons désormais la « planète IRD ». Issu d'une tradition historique qui remonte aux lendemains de la seconde guerre mondiale et à la création de l'ex-ORSTOM, notre Institut, seul organisme public de recherche pluridisciplinaire au plan international à être exclusivement dédié à la recherche avec les PED, a su s'affranchir de ce passé « colonial » pour incarner un partenariat scientifique « équitable » avec les communautés d'enseignement supérieur et de recherche de ces pays. Surtout, l'esprit même de ce numéro me paraît s'inscrire parfaitement dans les priorités que l'IRD vient de mettre en avant au travers de l'adoption, en Juillet 2016, de son nouveau Plan d'Orientation stratégique à l'horizon 2030 : focalisation de sa recherche sur la zone intertropicale et méditerranéenne, souci de concilier l'exigence et la qualité scientifique avec la pertinence des travaux de recherche pour le développement durable et humain, promotion de l'intersectorialité et de l'interdisciplinarité, contribution au renforcement des capacités et de l'autonomie scientifique des PED. Il s'inscrit également dans la volonté de l'IRD de défendre et de promouvoir l'impact de la recherche francophone dans les débats internationaux, tant scientifiques que d'aide à la définition des politiques publiques en matière de développement, non pas dans un souci de défense « corporatiste » mais parce qu'en de nombreuses matières, en particulier celle de l'environnement-santé, elle défend des approches originales et innovantes et des idéaux humanistes de solidarité qui apportent une réelle valeur ajoutée.

AUTEUR

JEAN-PAUL MOATTI

Institut de Recherche pour le Développement

Introduction

Pascal Handschumacher, Fabrice Courtin et Ibrahima Sy

Remerciements : Les coordinateurs du numéro « Environnement et santé : où en est la géographie ? » profitent de cet article pour chaleureusement remercier Teddy Auly de l'Université Bordeaux Montaigne sans qui rien n'aurait pu se faire. Par son savoir faire et son professionnalisme, il nous a permis d'obtenir un résultat éditorial de très grande qualité. Par ses rappels au temps qui court et aux échéances qui se rapprochent, mais aussi par les conseils issus de sa longue expérience au sein de la revue, il a été une présence stimulante et toujours constructive. Qu'il en soit ici remercié, son travail se retrouve dans chaque article même si son nom ne figure pas dans les listes d'auteurs.

- 1 Peu de concepts se révèlent aussi polysémiques que ceux d'environnement et de santé. Quand de plus ils se voient associés, le résultat peut conduire à une multiplicité de sens possibles. Environnement et santé comme apposition de deux champs qui s'expliqueraient mutuellement, environnement ET santé où l'accent est placé sur les interrelations et les liens qui s'inscrivent dans un fonctionnement systémique, santé-environnement comme un raccourci de l'expression précédente servant de cadre à des articulations interdisciplinaires mais également comme la définition d'une discipline nouvelle, santé environnementale qui puise ses racines dans la dégradation ou la modification des qualités du milieu qui nous entoure pour comprendre l'expression de problèmes de santé chez l'Homme, voici quelques dimensions dans lesquelles ces deux mots se retrouvent sous une forme ou une autre. En fonction des histoires des individus, de leur parcours scientifique, de leur origine culturelle, l'accent, voire le sens compris dans l'utilisation des termes ou de locutions plus complexes va se révéler fort différent, handicapant de ce fait le dialogue collectif, y compris au sein des mêmes disciplines.
- 2 Or, si le champ d'investigation est fort ancien, on cite de manière récurrente le traité des airs, des eaux et des lieux d'Hippocrate comme d'un ouvrage fondateur, et si Maximilien Sorre (1943) puis Jacques May (1958) sont considérés comme les fondateurs de cette approche pour les géographes durant la première moitié du XX^e siècle, la prise en compte de cette relation entre santé et environnement n'a sans doute jamais été aussi actuelle au sein de la communauté scientifique en générale et des géographes en particuliers. Changements globaux, rapidité et ampleur des mutations, nouvelles

capacités d'observation de la terre, disponibilité de données d'une ampleur et diversité croissante, volonté de réduction des risques et capacité d'anticipation sur ceux-ci, replacent la santé au cœur d'approches systémiques, faisant de la maladie un produit dépassant les déterminants purement biologiques et strictement médicaux.

- 3 Et pourtant, si la progression de la connaissance médicale a profité des avancées réalisées depuis la fin du XIX^e siècle jusqu'à nos jours, tant au niveau des acteurs et des processus de transmission, des déterminants de risques, qu'à celui de la mise au point de méthodes et techniques d'une performance sans cesse croissante, elle a entraîné une nécessaire spécialisation des scientifiques.
- 4 Alors que les XVII^e et XIX^e avaient vu se développer des approches descriptives mettant en avant les conditions du milieu par les médecins dans le cadre des topographies médicales (Moussy, 2003) ou des écrits produits à l'occasion d'expéditions coloniales menées par des médecins, parfois financés par la Société de Géographie (Martin *et al.*, 1909), ce que nous appellerons plus tard environnement constitue dès lors le « fond de commerce » de nouvelles communautés.
- 5 La vision globale et la compréhension systémique de la production des risques ont ainsi diminué au profit de travaux épidémiologiques se focalisant sur des recherches de causalités plus ou moins complexes. Pourtant cette dimension systémique est restée présente au sein de communautés qui ne sont pas initialement considérées comme appartenant au champ de la santé, et en particulier au sein des communautés de géographes et d'écologues. Au sein de ces communautés scientifiques s'intéressant aux hétérogénéités affectant la distribution des maladies, certains sont médecins de part leur d'origine (J. May (1958), J.-A. Rioux (1971) par exemple) mais c'est bien par la mise en œuvre de méthodes et en s'appuyant sur les concepts propres aux deux disciplines citées qu'ils développent leurs travaux. L'environnement devient alors un cadre plus ou moins bien défini d'approches holistiques visant à développer des synthèses mais sans pour autant apporter la dimension analytique qui est l'apanage de l'épidémiologie. Cette approche visant à superposer des réalités médicales et des contextes dans lesquels on retrouve mêlées les caractéristiques du climat, de la végétation, du relief, de l'habitat de la population etc., s'inscrit dans une réflexion en cours au sein de la discipline géographie où se conjuguent (ou s'opposent) des concepts aussi divers que systèmes spatiaux (Ph. Pinchemel, 1992), géosystèmes (G. Bertrand, 1978), systèmes éco-géographiques (J. Tricart, 1978) tous issus d'une école de géographie physique française en pleine transformation durant les 30 glorieuses. De cette origine, l'approche de la relation entre l'environnement et la santé dans l'école française de géographie des maladies puis de la santé, fait la part belle à une certaine biogéographie et s'intéresse avant tout aux maladies transmissibles et en particulier aux maladies à transmission vectorielle (Hervouët *et al.*, 1995).
- 6 La notion de paysage épidémiologique issue de l'école russe du paysage (Rémy, 1982) fera une apparition dans les travaux produits en France mais sans réussir à s'imposer véritablement en raison de la difficulté d'y intégrer les pratiques de l'espace par les populations résidant au sein des ensembles spatiaux ainsi délimités.
- 7 L'évolution de la géographie française vers une voie intégrant de façon croissante les déterminants sociaux dans la compréhension de la production et du fonctionnement des territoires, se traduit en géographie de la santé par une prise en compte grandissante du rôle des sociétés dans l'existence des inégalités socio-spatiales de santé. Le déterminisme toujours présent en filigrane dans les travaux traitant de la

relation entre milieux (globalement dominés par la dimension physique de leurs caractéristiques) et inégale distribution des maladies disparaît au profit d'une analyse de la relation dialectique entre milieux et sociétés. On doit souligner à ce propos les travaux menés par Paul Pélissier, Gilles Sautter, et surtout Pierre Gourou qui prennent, par exemple, le rôle des maladies pour expliquer les inégalités de peuplement (Sautter 1966, Gourou 1971, Nicolaï *et al.*, 2000). Dans les années 70, les travaux en géographie de la santé tenant compte à la fois des aspects de géographie physique et de géographie humaine, s'illustrent grâce à la publication du doctorat d'Etat d'Henri Picheral sur la géographie médicale du Midi de la France (Picheral 1976). Dans cette thèse, Picheral réactive les concepts édités par Sorre, en démontre les limites et rénove ainsi les piliers de la géographie de la santé française. Il élargie le concept de complexe pathogène à celui de système pathogène (Picheral 1983) qui permet de se placer en amont et en aval de la maladie. Pour lui, *« la maladie, sa fréquence et sa diffusion résultent d'un faisceau de facteurs convergents. Certains facteurs peuvent être génétiques : tel individu, telle population, porteurs d'un gène courent un risque élevé et spécifique. D'autres facteurs tiennent au milieu naturel, à l'altitude, au climat, aux caractères biochimiques de l'eau, des sols... D'autres encore sont d'ordre économique, social, culturel, comportemental, technologique, voire administratif ou politique. L'agencement de ces facteurs constitue des systèmes propres à chaque maladie »* (Picheral, 1983).

- 8 A partir des années 1980, l'environnement comme produit social domine les travaux de géographes de la santé français spécialistes des milieux ruraux comme J.-P. Hervouët (1987) ou F. Paris (1992), J.-M. Amat-Roze (1982), J.-P. Doumenge (1987) ou G. Rémy (1988), mais n'est pas absent pour autant des travaux menés en milieu urbain à l'image de ceux réalisés par G. Salem (1998) ou A. Vaguet (1985).
- 9 Mais dès la fin du XX^e siècle, les conséquences des actions de l'Homme sur la modification des risques sanitaires deviennent une préoccupation majeure des sociétés civiles et, en partie sous leur pression, des gouvernements, transformant place et concept d'environnement dans le champ de la santé humaine. Les sociétés anglo-saxonnes sont en pointe dans cette évolution parlant d'*environmental health* (Purdom, 1980) traduit en français par santé environnementale. Ce concept, défini officiellement par l'OMS en 1999 mais puisant ses racines profondes dans les courants hygiénistes du siècle précédent, traduit bien l'idée qu'une société saine vit dans un environnement sain, produisant par là même un flou conceptuel majeur. En effet, cela signifie que les sociétés par leurs actions créent et transforment des environnements tout en se positionnant par leur regard à l'extérieur de celui-ci. Les préoccupations évoluent. Les problèmes de pollution, de contamination deviennent des modèles dominant les travaux (Prüss-Üstün *et al.*, 2016) et les géographes, peu nombreux à s'appropriier ces domaines, apparaissent progressivement minoritaires dans l'évolution du champ environnement et santé sans pourtant en être exclus notamment au Canada. Leurs outils, qu'ils s'agissent des systèmes d'information géographique, des statistiques spatiales ou du traitement de l'information satellitaire ne leur sont pas spécifiques dans l'analyse des espaces à risques. Ainsi, l'approche de la relation entre l'environnement et santé qui se nourrit également de la volonté de se prémunir de risques avérés ou à venir par la prévention et la surveillance épidémiologique profite autant aux disciplines biologiques, épidémiologiques que géographiques par la production de cartes d'exposition et/ou de vulnérabilité (Courtin *et al.*, 2010) supposant une surveillance modulée en fonction des caractéristiques épidémiogènes spécifiques de

sous-ensembles spatiaux présentant des facies particuliers face à diverses maladies (Neerincx *et al*, 2008 sur la peste ou Hay *et al* 2000 sur le paludisme *in ex.*).

- 10 Si le champ environnement et santé ne s'est donc sans doute jamais aussi bien porté suscitant de nombreux appels à projets nationaux et internationaux à destination de la communauté scientifique, il n'a sans doute jamais été aussi difficile de savoir ce que ces concepts recouvrent en l'absence de longs développements. Quel sens ou plutôt quels sens lui donnent les géographes ? Existe-t-il une « signature » disciplinaire ou, à l'image de la société dans son ensemble, ces concepts recouvrent ils une palette variée de sens ? Qu'est-ce qui fait l'essence de ces travaux et quels modèles sont-ils privilégiés ? L'approche par les géographes de la question environnement et santé se heurte-t-elle à des limites par rapport aux méthodes, aux modèles de pathologies ? A contrario, les géographes sont-ils mieux armés que d'autres disciplines pour aborder ces questions ou certains aspects de la question ? A travers quelles collaborations les géographes peuvent-ils amener à dépasser les limites de leur discipline dans le champ environnement et santé ?
- 11 Ces questions et leurs réponses associées s'imposent pour progresser collectivement en tant que discipline et ainsi apporter un regard non seulement spécifique mais novateur face à un champ à l'actualité grandissante sur lequel pourtant on ne passe guère de temps à s'interroger. Dire que l'on travaille en environnement et santé comme s'il s'agissait d'une discipline scientifique spécifique ou sur la relation environnement et santé donne l'impression d'avoir fait le tour de la question et pourtant, combien d'incompréhensions, apparemment mineures au départ d'un projet ont conduit à la production de résultats bien inférieurs à ceux escomptés car aucun des partenaires issus des diverses disciplines constituant le projet n'avait la même compréhension des concepts fondateurs.
- 12 Un révélateur de ces flous conceptuels est constitué du public d'étudiants que nous formons dans de multiples masters. Confrontés à de multiples utilisations de ces vocables dans les médias, lecteurs d'articles et d'ouvrages scientifiques, issus de diverses formations disciplinaires et de multiples origines géographiques, ils seraient censés avoir la même appréhension de ce concept si fréquemment utilisé.
- 13 Nous avons à plusieurs reprises réalisé un exercice simple auprès d'étudiants de master aussi bien de géographie, de santé publique que de sociologie voire d'un master interdisciplinaire au moment d'entamer une séquence de cours portant sur la dimension environnement et santé en géographie. Il consiste à demander à chaque personne présente de noter cinq mots-clés décrivant d'abord le concept « environnement » puis celui de « santé » et enfin de la conjonction de coordination « et » dans le cadre de la locution citée afin de montrer le grand écart dans la compréhension de cette locution dans un effectif pourtant généralement réduit et de même niveau universitaire. Cet exercice se termine par la définition du ou des sens que nous retiendrons tout au long du cours et pourquoi et ainsi éviter les problèmes de compréhension mutuelle.
- 14 De la notion physique de proximité (les environs) à une production sociale basée sur la transformation des milieux par l'Homme et à ses acteurs, le champ couvert par le mot environnement au sein d'un collectif d'étudiants de même génération mais aux histoires personnelles multiples est édifiant. Il en va de même pour le concept de santé qui apparaît bien souvent selon la définition de l'OMS issue de la déclaration d'Alma Ata¹ mais qui peut aussi bien se cantonner à la maladie et à ses degrés de gravité ou

s'attacher aux systèmes de soins. Quand enfin nous abordons la question du mot « et », la réponse la plus fréquemment observée s'inscrit dans une dimension de causalité par rapport à des degrés d'exposition mais peut également faire référence à la dimension collective des maladies au sein d'une population vivant dans un espace donné, se rapprochant ainsi fortement de la notion de santé publique.

- 15 L'objectif de cet exercice ne consiste pas, en procédant par élimination, à ne conserver qu'un sens que l'enseignant trouverait seul justifié scientifiquement, tous les autres étant erronés, mais à montrer comment ces concepts et leurs associations, si familiers à nos oreilles car présents aussi bien dans les discussions de la vie courante que dans les échanges scientifiques, peuvent être porteurs de confusion. Pour autant, en montrant les limites portées par des dimensions trop déterministes et/ou excluant l'Homme social, l'Homme aménageur, mais également la place du Milieu dans la production de l'environnement, il s'agit alors de préciser auprès de ce public étudiant quel(s) sens est/sont donnés au champ « Environnement et Santé » dans la suite du cours auquel ils participent.
- 16 Cet exercice se révèle fort utile face à la multiplicité des productions scientifiques sur la thématique « Environnement et santé » aux 2 570 occurrences qui apparaissent suite à la requête « Environnement et santé » et 130 000 résultats qui répondent à la recherche selon l'expression « Environment and Health » en excluant brevets et citations sur le moteur de recherche google scholar.
- 17 Aussi, à travers ce numéro de la revue *Dynamiques Environnementales*, nous avons voulu proposer une certaine vision de cette diversité tant du point de vue conceptuel que des modèles étudiés. A travers des retours d'expériences et des réalisations scientifiques, des auteurs géographes ou proches scientifiquement des géographes travaillant majoritairement dans les Suds, déclinent cette diversité d'approches et de conceptions qui caractérisent le champ d'investigation. Sans préjuger de la justesse plus ou moins forte que chaque auteur serait susceptible de donner à la locution « Environnement et santé », nous tentons ici de montrer la diversité des contributions géographiques possibles autour de l'association de ces deux concepts. Si les 9 contributions à ce numéro de la revue *Dynamiques Environnementales* traitent autant de questions méthodologiques que de résultats de recherches, de modèles de maladies transmissibles ou d'exposition à des toxiques, nous avons souhaité ouvrir ce numéro par la question de l'émergence de la fièvre Ebola en Afrique de l'Ouest qui soulève à travers un modèle spécifique, une grande diversité des questions abordées dans ce préambule.
- 18 Même si elle est aujourd'hui (provisoirement ?) terminée, l'épidémie de fièvre Ebola en Afrique de l'Ouest se révèle d'une actualité brûlante. Si la communauté scientifique mobilisée initialement a bien sûr été celle des virologues et des épidémiologistes, la question des situations géographiques favorables à l'émergence et à la diffusion de la maladie nous interroge sur les voies et chemins des différents acteurs constituant la chaîne épidémiologique. Par son interrogation des espaces touchés et des temporalités qui rythment l'épidémie, l'article de F. Courtin *et al.* nous propose une analyse des relations milieux sociétés dans un contexte en mutation. A travers le modèle spécifique de la fièvre Ebola, il nous propose une analyse des déterminants et des processus de la transformation des territoires à la base de la production d'environnements à risque.
- 19 La complexité qui caractérise les systèmes pathogènes puise ses racines dans les interactions de variables qui nous permettent de caractériser non seulement des

environnements selon des échelles données (multiples ou non), des limites spécifiques mais également selon la complexité des mécanismes de transmission faisant ou non intervenir vecteurs, hôtes intermédiaires ou réservoirs. C'est à cette tâche que M. Fargette *et al.* se sont attachés en construisant un modèle conceptuel d'observatoire dont l'application en Asie du Sud Est permet une confrontation face au monde réel. En déclinant les multiples contraintes auxquelles se heurte ce travail de modélisation spatiale, les auteurs nous proposent une clarification conceptuelle et méthodologique dans un domaine riche de perspectives en faisant le lien entre disciplines, terrain et laboratoire. Une plateforme intégrative est ici décrite, se traduisant par la mise en œuvre d'un Observatoire Scientifique en Appui à la GEstion Sanitaire sur un territoire (OSAGE-S). Les auteurs nous proposent alors une réflexion d'ordre générique et épistémologique explicitant formellement la formule « environnement - santé » pour y positionner pathosystème, environnement et observatoire, réflexion se poursuivant par des implications opérationnelles à travers la construction d'observatoires en appui à la gestion sanitaire, dont un exemple nous est fourni à travers un travail en cours en Indonésie sur la fièvre Chikungunya.

- 20 Au-delà, de la mise en œuvre de schémas conceptuels, de modèles généraux ou spécifiques à certaines pathologies, la mise en relation de l'environnement et de la santé est aussi une affaire de personnes, de chercheurs arrivant avec leurs parcours, leurs origines disciplinaires, leurs connaissances particulières qui mettent ces particularités en commun autour d'objets construits collectivement. Face à l'objet « environnement et santé » si polysémique, cette tâche est essentielle et le dialogue interdisciplinaire devient un élément central de la production des connaissances et de la compréhension des processus à l'œuvre dans la production des risques.
- 21 En s'appuyant sur le programme interdisciplinaire « Sociétés, Résistances, Malaria » (2012-2015) sur le développement des résistances aux traitements de première ligne contre le paludisme au Cambodge et au Vietnam, Bourdier *et al.* nous proposent de partager le dialogue qui s'est établi entre géographes et anthropologues autour de la question des interventions publiques et des inégalités de santé dans les écosystèmes naturels et sociaux recomposés de la sous-région du Mékong.
- 22 Par un retour critique sur le dialogue interdisciplinaire qui implique non pas la juxtaposition mais l'articulation effective et la synergie entre les savoirs produits à partir de différents angles d'approche de la relation « environnement et santé », cet article vise à montrer l'apport mais aussi les limites de l'approche géographique comme illustration de toute discipline qui se livrerait à un montage disciplinaire soliloque autour d'une question complexe.
- 23 Ce même programme permet de proposer dans ce même numéro, une vision plus ancrée sur la production de résultats de terrain, remplaçant la question de l'environnement compris comme un produit social dont la gestion fait peser des menaces croissantes non pas tant sur la transmission du paludisme que sur l'émergence de résistances face aux ACT, antipaludéens de dernière génération.
- 24 Dans la région du Mondolkiri à l'est du Cambodge, Tomasi *et al.* nous proposent une lecture de l'influence des mobilités et pratiques de l'espace dans cet environnement forestier plus ou moins dégradé sur la transmission du paludisme. Travail et circulation en zone forestière apparaissent classiquement comme les déterminants majeurs de l'exposition au *Plasmodium* en raison de l'écologie de l'insecte vecteur, mais ceci ne suffit pas à expliquer l'hétérogénéité d'expression de la maladie au sein des populations

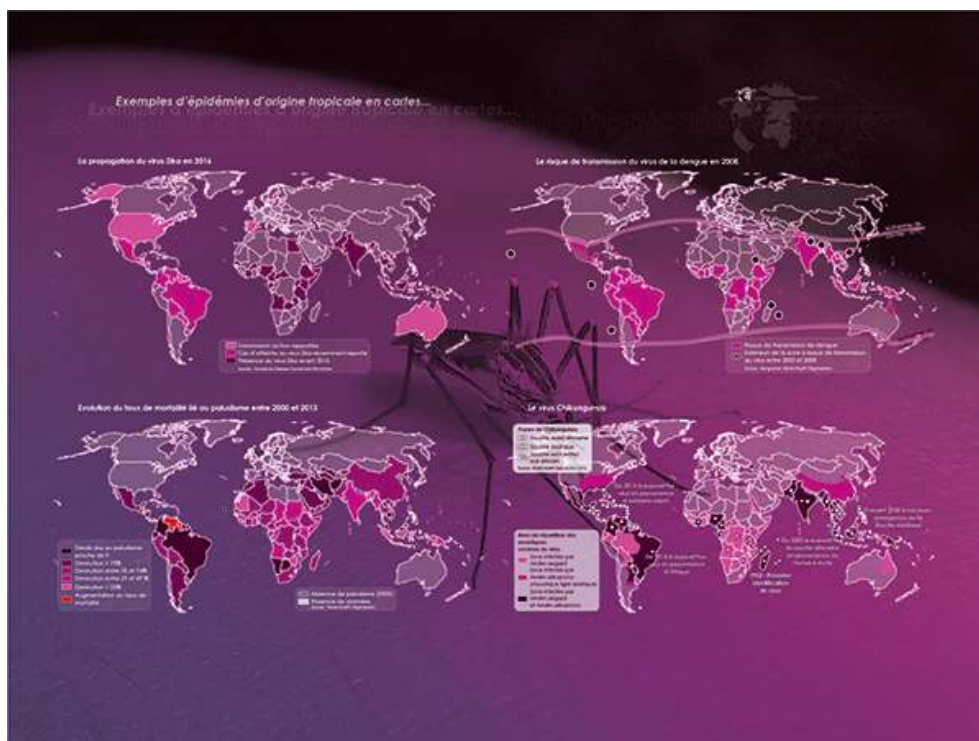
villageoises. En intégrant la question du recours aux soins et la présence d'auxiliaires de santé dans les villages ainsi que la circulation clandestine d'antipaludéens dans cette région frontalière avec le Vietnam, les auteurs analysent la production du risque en faisant dialoguer production et pratiques de l'environnement et fonctionnement d'un système de soins inégalement distribué et efficace.

- 25 A l'échelle de deux terroirs, c'est une démarche similaire qui a été suivie par Fauret *et al.* dans son analyse des Trypanosomoses humaines et animales sur les rives du fleuve Comoé au Burkina Faso. Dans une optique *One Health*, les auteurs s'interrogent sur les causes de la transformation de l'environnement à l'origine du maintien voire du développement de la transmission de cette parasitose. Ainsi l'environnement est bien analysé par rapport à la production, mais il est lui même l'objet d'interrogations en amont afin de comprendre les processus à l'origine de sa transformation. Ce type d'études s'inscrit ainsi dans une perspective opérationnelle en permettant de proposer des stratégies d'aménagement du territoire orientées santé, dont les principes seraient dictés par les leçons issues des recherches de terrain à l'interface milieux-sociétés.
- 26 On ne saurait cependant limiter les approches sur la thématique « environnement et santé » à ces seuls espaces ruraux. A Bobo-Dioulasso, ville secondaire du Burkina Faso, Fournet *et al.* analysent l'inégal degré d'urbanisation de sous-ensembles spatiaux allant des quartiers au îlots pour montrer comment la cité produit un risque hétérogène face aux maladies à transmission vectorielle. Loin de disparaître des milieux urbains, ces maladies à transmission vectorielle et notamment le paludisme, profitent de l'existence d'enclaves maraîchères mais également de l'adaptation nouvelle des vecteurs à un milieu pollué pour maintenir la maladie dans les populations humaines. Le risque est alors analysé comme un produit de l'environnement urbain, lui-même étant le fruit de déterminants politiques, économiques, sociaux. Les auteurs soulignent ainsi leur ambition de montrer le besoin d'une concertation entre politiques de santé et de la ville pour un meilleur contrôle de maladies comme le paludisme, et ce, à l'heure de la mise en œuvre de leur élimination.
- 27 Aux confins de la zone sahélienne, la ville de Nouakchott est étudiée par Sy *et al.* sous l'angle de l'accès à l'eau plus ou moins potable dans une cité où le faible taux de raccordement au réseau d'adduction conduit à une multitude de formes de recours à la ressource et de gestion de celle-ci. Les auteurs soulignent l'importance de la qualité de l'eau dans l'existence de maladies aussi diverses que des dermatoses ou des pathologies digestives. En comparant l'inégale distribution des multiples formes d'accès et de gestion de l'eau au sein de la ville à la morbidité diagnostiquée des diarrhées, les auteurs proposent d'identifier des priorités en matière d'aménagement de l'environnement urbain.
- 28 Plus proches de l'école *Environmental Health* anglo-saxonne et de l'approche en santé environnementale existant en France ou au Québec, Cadot *et al.* s'intéressent à la contamination du milieu par des produits phytosanitaires dans deux contextes différenciés, l'un en Languedoc-Roussillon et l'autre à l'extrême Nord du Cameroun. Ces zones caractérisées par d'intenses ruissellements dus à d'importantes précipitations et où l'épandage direct de produits phytosanitaires est largement répandu sont étudiées sous l'angle de l'aléa de pollution exposant à terme à des degrés divers les populations résidant dans les zones exposées. Si le milieu est étudié sous l'angle de sa capacité à voire s'infiltrer les polluants et à les faire circuler pour les restituer en fonction des inégales capacités d'accumulation, l'apport des polluants est mesuré à l'échelle des

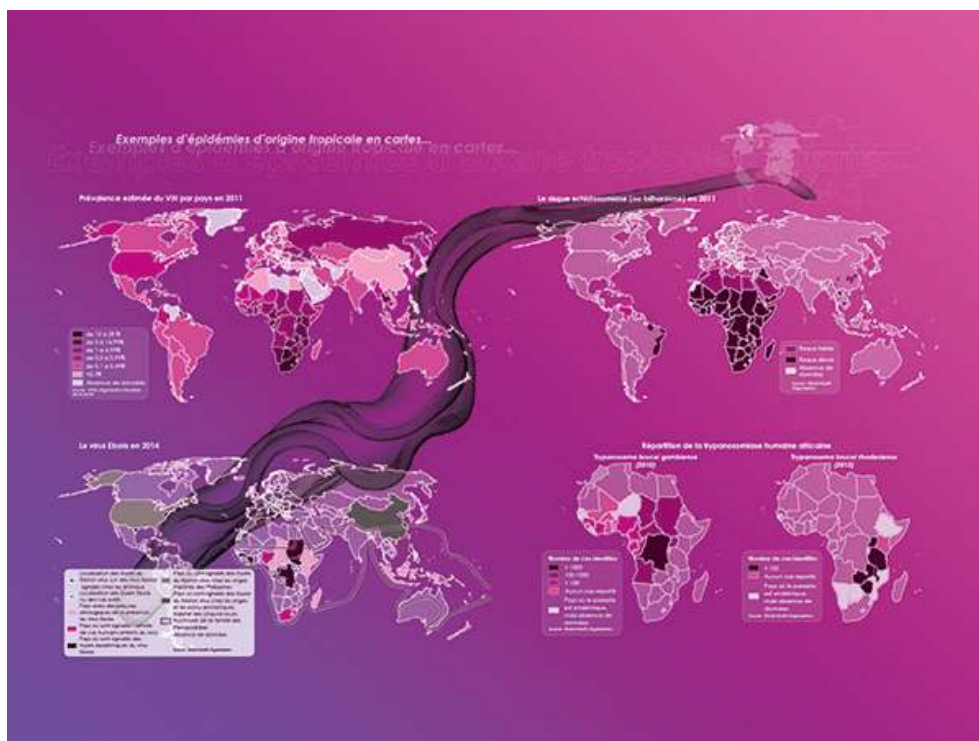
communes afin de construire des indicateurs d'exposition des populations. En limitant leur approche à la circulation par ruissellement et en n'ayant pas pris en compte la circulation souterraine ou aérienne des polluants, les auteurs sont bien conscients des limites de leur étude mais ouvrent une voie amenée à se diversifier et à se complexifier. Par cela, ils illustrent parfaitement la difficulté opérationnelle de la prise en compte de la dimension des environnements dans une optique de santé et aux contraintes qu'elle oppose aux chercheurs de terrains.

- 29 La dernière contribution du numéro nous montre la mise en œuvre et la progression d'une démarche géographique par un chercheur travaillant sur les inégalités socio-spatiales des maladies transmissibles au sein d'une institution burkinabé de santé publique, le centre Muraz de Bobo-Dioulasso. Ce centre de recherches est historiquement très sensibilisé à l'étude des relations entre l'environnement et la santé, notamment par son implication dans le champ des grandes endémies. Par delà les modèles de maladies, J. Rouamba nous montre les constantes de sa démarche et met en exergue l'évolution qui la caractérise selon les spécificités des maladies et l'appropriation d'outils innovants. Il souligne ainsi la place croissante des données précisément géo-référencées et des Systèmes d'Information Géographique et montre comment ces progrès ont permis d'avancer dans la compréhension du fonctionnement des environnements à risque grâce à une meilleure compréhension des processus permettant le fonctionnement de systèmes pathogènes étudiés à des échelles fines.
- 30 Nous sommes bien conscients qu'à travers ces quelques contributions nous sommes loin d'avoir couvert le champ de recherche « Environnement et santé » tel qu'il est abordé par les géographes. Notre plus grand souhait est que par la diversité des contributions, nous illustrions notre propos initial à savoir qu'une telle approche ne peut faire l'économie de clarification sémantique et conceptuelle avant même le début de la rédaction d'un projet de recherche et *a fortiori* avant de commencer sa réalisation sur le terrain. Alors même que les différents contributeurs se revendiquent tous peu ou prou de la géographie, on voit à la lecture des articles qu'ils ne pourraient travailler ensemble sans préciser au préalable le sens accordé aux concepts délimitant leur champ d'investigation. Cette phrase est bien-sûr un truisme et pourrait s'appliquer à de multiples dimensions des sciences en débat. Il nous semble cependant que face à la fréquence, voire la banalité d'utilisation de ces concepts et de la locution qui en résulte aussi bien dans le langage quotidien « ordinaire » que dans la langue scientifique, dans les débats politiques, les discussions de comptoir et les controverses sous la coupole des académies, un rappel s'imposait à une période où la géographie semble perdre du terrain par rapport à un champ scientifique qui lui tendait pourtant les bras en raison des compétences de la discipline.

La propagation du virus Zika en 2016. Evolution du taux de mortalité entre 2000 et 2013. Le risque de transmission du virus de la dengue en 2008. Le virus Chikungunya



Prévalence estimée du VIH en 2011. Le virus Ebola en 2014. Le risque schistosomiase (ou biharziose) en 2011. Répartition de la trypanosomiase humaine africaine



BIBLIOGRAPHIE

Amat-Roze J.-M. et Rémy G., (1982). Paysage épidémiologique du paludisme dans l'espace ivoiro-voltaïque, *Médecine tropicale* 42, pp. 383-392.

Bertrand G. et Beroutchavili N., (1978). Le Géosystème ou système territorial naturel, *RGPSO*, t. 49, fasc. 2, pp. 17-180.

Courtin F., Jamonneau V., Camara M., Camara O., Coulibaly B., Diarra A., Solano P., Bucheton B., (2010). A geographical approach to identify sleeping sickness risk factors in a mangrove ecosystem. *Tropical Medicine and International Health*, 15, pp. 881-889.

Doumenge J.-P. et Mott K.E., (1987). *Atlas de répartition mondiale des schistosomiasés*. Presses universitaires de Bordeaux, 400 p.

Gourou P., (1971). *Leçons de géographie tropicale, leçons données au Collège de France de 1947 à 1970*. Editions Mouton, 323 p.

Hay S.I., Omumbo J.A., Craig M.H. & Snow R.W., (2000). Earth observation, geographic information systems and *Plasmodium falciparum* malaria in sub-Saharan Africa, *Advances in Parasitology*, Vol 47, pp. 175-215.

Hervouët J.-P. et Laveissière C., (1987). Les grandes endémies : l'espace social coupable, *Politique africaine* 28, pp. 21-32.

Hervouët J.-P., Handschumacher P., Paris F. et Salem G., (1995). De la géographie des grandes endémies à la géographie de la santé et à la géographie tout court : vingt ans de travaux de l'ORSTOM en Afrique, *Espaces, Populations, Sociétés* 1, pp. 59-65.

Martin G., Leboeuf, Roubaud E., (1908). *Rapport de la mission d'études de la Maladie du Sommeil au Congo français (1906-1908)*. Société de Géographie, Masson & Compagnie Editeurs, Paris, 701 p.

May J., (1958). *The ecology of human disease*, MD publications, 327 p.

Moussy H., (2003). *Les topographies médicales françaises des années 1770 aux années 1880 : essai d'interprétation d'un genre médical*, Thèse de doctorat, Université Paris 1, 1814 p.

Neerinckx S., Peterson A., Gulink H., Deckers J. & Leirs H., (2008). Geographic distribution and ecological niche of plague in sub-saharan Africa, *International journal of Health Geographics*, 7 :54, 12 p.

Nicolaï H., Péliissier P., Raison J.-P. (2000). *Un géographe dans son siècle. Actualité de Pierre Gourou*. Editions Karthala, Géotropiques, 338 p.

Paris F., (1992). De l'onchocercose à la « géo-oncho-graphie ». In : Blanc-Pamard Chantal éditions, *Dynamiques des systèmes agraires : la santé en société : regards et remèdes*. Editions ORSTOM, Collection colloques et séminaires, p 58-85.

Picheral H., (1976). *Espace et santé : géographie médicale du midi de la France*. Thèse d'état en géographie, Université Montpellier III (Paul-Valéry), 425 p.

Picheral H., (1983). Complexes et systèmes pathogènes : approche géographique, In de l'épidémiologie à la géographie humaine, *Editions du CNRS/CEGET, travaux et documents de géographie tropicale*, 48, pp. 5-22.

Purdom W., (1980). *Environmental Health*, 2nd edition, Elsevier, 714 p.

- Pinchemel P. et Pinchemel G., (1992). *La face de la Terre*, Armand Colin, 519 p.
- Prüss-Ustün A., Wolf J., Corvalan C., Bos R. & Neira M., (2016). *Preventing disease through Healthy Environments*, WHO ed, 147 p.
- Rémy G., (1982). Introduction au numéro thématique : Etudes épidémiologiques et approches géographiques des maladies en Afrique tropicale. Mélanges pour un dialogue, *Cahiers d'études africaines*, Vol 22, Numéro 85, pp. 9-12.
- Rémy G., (1988). Paysages et milieux épidémiologiques dans l'espace ivoiro-burkinabè, Université Paris 4 (Sorbonne). Editions du CNRS, *Mémoires du Centre d'Etudes de Géographie Tropicale*, 268 p.
- Rioux J.A., Mouchet J., (1971). L'écologie des anthroposes, hématophages, contraintes et perspectives, *Annales de parasitologie*, T. 46, n° 3bis, Masson ed., pp. 11-16.
- Salem G., (1998). *La santé dans la ville. Géographie d'un petit espace dense : Pikine (Sénégal)*, Khartala et Orstom ed., 360 p.
- Sautter G., (1966). *De l'Atlantique au fleuve Congo : Une géographie du sous-peuplement*, Editions Mouton, 1103 p.
- Sorre M., (1943). *Les fondements biologiques de la géographie humaine, essai d'une écologie de l'homme*. Editions Armand Colin, 440 p.
- Tricart J., (1978). De l'écologie à l'éco-géographie. *Les nouvelles littéraires*, n° 2637.
- Vaguet A., (1985). *Contribution à la géo-pathologie d'une métropole indienne : Hyderabad*, thèse de doctorat de géographie, université de Rouen, 323 p.

NOTES

1. La santé est un état de complet bien-être physique et mental et ne consiste pas seulement en l'absence de maladie ou d'infirmité.

AUTEURS

PASCAL HANDSCHUMACHER

INSERM, IRD, SESSTIM, Sciences Economiques & Sociales de la Santé & Traitement de l'Information Médicale, Univ. Aix-Marseille - pascal.handschumacher(at)ird.fr

FABRICE COURTIN

UMR 177 IRD/CIRAD, Institut Pierre Richet (IPR) Bouaké, Côte d'Ivoire - fabrice.courtin(at)ird.fr

IBRAHIMA SY

Swiss Tropical and Public Health Institute (Swiss TPH), Basel, Switzerland / Centre de Suivi Ecologique (CSE), Dakar, Sénégal - ibrahima.sy(at)unibas.ch

La dynamique spatio-temporelle du virus Ebola dans l'espace CEDEAO

Les leçons géographiques d'une catastrophe épidémiologique

The spatiotemporal dynamics of Ebola in the ECOWAS : geographical lessons of an epidemiological catastrophe

Fabrice Courtin, Philippe Msellati et Pascal Handschumacher

Introduction

- 1 L'Afrique de l'Ouest est une région qui connaît une croissance démographique exceptionnelle dans l'histoire de l'humanité. De 70 millions d'habitants en 1950, la population a atteint 350 millions d'habitants en 2015 et les projections des Nations Unies estiment qu'elle sera de 800 millions en 2050. Le résultat de cette croissance démographique se lit spatialement à travers l'augmentation de la densité de population qui est passée de 12 à 58 habitants par km² entre 1950 et 2015 (UN, 2015).
- 2 La redistribution de ce plus démographique, à travers le jeu des mouvements de population, s'est fait de manière variable dans la Communauté Economique Des Etats d'Afrique de l'Ouest (CEDEAO¹), et a profondément bouleversé la carte du peuplement. Les villes ont été les premières bénéficiaires de cette redistribution, de part leur propre accroissement naturel, mais aussi par le biais de l'exode rural. En effet, l'urbanisation a été l'indicateur le plus révélateur de cette croissance démographique, puisque de 6 millions d'habitants en 1950, la population urbaine a atteint 160 millions d'habitants en 2015, soit 45 % de la population totale. Ce phénomène d'urbanisation ne doit cependant pas occulter le fait que, parallèlement, la population rurale a augmenté puisqu'elle est passée de 65 millions en 1950 à 190 millions d'habitants en 2015. Ainsi, malgré l'exode rural, la population qui vit en campagne continue d'augmenter, comme le montre les phénomènes de dynamiques de peuplements en direction des derniers territoires vierges ou peu exploités (Courtin et Guengant, 2012). Ce sont parfois des parcs nationaux ou des forêts classées qui deviennent alors de véritables fronts pionniers, soumis à l'exploitation forestière, à l'agriculture, à l'élevage, à l'exploitation minière, à

la chasse et à l'implantation humaine. Ces réserves de biodiversité constituent également des réservoirs de pathogènes (parasites, virus etc.) et d'insectes vecteurs hématophages, avec lesquels l'homme rentre parfois en contact lorsqu'il cherche à exploiter ces nouveaux territoires. Ainsi, certains agents pathogènes peuvent être transmis à l'homme lors de la piqûre d'un insecte vecteur, c'est le cas par exemple de la Trypanosomiase Humaine Africaine avec la mouche tsé-tsé, de la leishmaniose avec les phlébotomes ou de la fièvre jaune avec les moustiques du genre *Aedes*. D'autres pathologies peuvent également être transmises à l'homme par contamination directe, comme cela fût le cas avec le Virus de l'immunodéficience humaine (théorie du chasseur de viande de brousse contaminé) (Bedford *et al.*, 2014), et comme cela est le cas avec le tristement célèbre virus Ebola. Le virus Ebola se transmet à l'homme à partir des animaux sauvages et se propage ensuite dans les populations par transmission interhumaine. Auparavant cantonnée à l'Afrique Centrale, cette pathologie mortelle à fort pouvoir épidémique, a récemment touché les pays du fleuve Mano (Guinée, Sierra Leone, Libéria), avant de s'étendre dans l'espace CEDEAO (Nigéria, Sénégal, Mali), puis d'inquiéter l'Europe et les États-Unis.

- 3 L'augmentation des densités de population humaine dans l'espace CEDEAO, à travers les dynamiques de peuplements qu'elle impulse en direction des espaces vierges ou protégés, ne provoque pas seulement un risque accru de transmission d'agents pathogènes responsables de pathologies, et en particulier de zoonoses. Elle permet aussi de multiplier les situations de promiscuité permanente entre les hommes et les animaux sauvages, comme par exemple entre les hommes et les chauves-souris. Elle offre également un terreau particulièrement favorable à la diffusion et à la propagation des maladies, à travers l'accentuation de la mobilité humaine (Prothero, 1977). Si cette dernière est directement dépendante du nombre des hommes, d'autres facteurs interviennent. Ce sont par exemple les disparités socio-économiques entre pays, à l'image des manœuvres burkinabés qui vont travailler saisonnièrement dans les plantations de café et de cacao de Côte d'Ivoire, l'instabilité politique, avec son cortège de déplacements de populations, le changement climatique, à travers les réfugiés qu'il produit à l'occasion de ses excès (inondations, sécheresse), le phénomène d'urbanisation, qui accentue les mobilités quotidiennes entre la ville et la campagne (et inversement), ainsi que le développement des infrastructures routières, ferroviaires, aéroportuaires et maritimes qui connectent les territoires entre eux.
- 4 En Afrique de l'Ouest, le nombre de migrants internationaux est passé de 2 131 000 en 1960 à 7 541 000 en 2005, avec une contribution de plus en plus importante des personnes réfugiées qui représentaient 55 000 migrants internationaux en 1960 contre 383 000 en 2005. Cette mobilité s'effectue la plupart du temps des pays sahéliens vers les pays côtiers, mais elle est également importante de part et d'autre des frontières (lorsqu'elles ne sont pas fermées). En effet, ces dernières ont été pour la plupart tracées sans tenir compte des réalités de géographie humaine, car le plus souvent elles séparent les ethnies (les Lobi entre le Ghana, le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire, les Sénoufo entre la Côte d'Ivoire, le Burkina Faso et le Mali, les Malinké entre la Côte d'Ivoire, le Mali et la Guinée, les Krou entre la Côte d'Ivoire et le Libéria, les Kissi entre la Guinée, la Sierra Leone et le Libéria etc.). Enfin il existe une mobilité interne à chaque pays, de la campagne vers les grandes villes, et dont la plus importante est généralement celle qui relie l'hinterland à la capitale économique.

- 5 A noter que ce phénomène d'augmentation du nombre et d'accentuation de la mobilité, et ses conséquences en terme de possibilité de dissémination d'un pathogène ou d'un vecteur, s'applique également aux animaux, comme cela a été récemment observé en Afrique de l'Ouest avec la propagation fulgurante de la tique *Rhipicephalus Boophilus Microplus* (vecteur de la babésiose et de la cowdriose aux animaux, et plus accidentellement, de la babésiose à l'homme) à la faveur des transhumances en constante augmentation (Adakal *et al.* 2013). Cette comparaison est essentielle à retenir, surtout dans le cadre d'études sur les zoonoses, car elle permet d'évoquer le concept One Health². Ce dernier a été développé du fait d'un accroissement significatif de la circulation des agents infectieux et des risques de pandémies : expansion mondiale de la grippe aviaire (H5N1) depuis 2003, épidémies de syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) en 2003 et grippe pandémique (H1N1) en 2009. Ces récentes épidémies mettent en évidence la mondialisation croissante des risques sanitaires ainsi que l'importance de l'interface homme-animal-écosystème dans l'évolution et l'émergence des pathogènes.
- 6 C'est dans le cadre de ce concept intégrateur que les épidémies successives d'Ebola peuvent être comprises. En effet, celui-ci s'introduit dans la population humaine après un contact étroit avec du sang, des sécrétions, des organes ou des liquides biologiques d'animaux infectés comme des chimpanzés, des gorilles, des chauves-souris frugivores (hôtes naturels du virus), des singes, des antilopes des bois ou des porcs épics retrouvés malades ou morts dans la forêt tropicale. Il se propage ensuite par transmission interhumaine, à la suite de contacts directs (peau lésée ou muqueuses) avec du sang, des sécrétions, des organes ou des liquides biologiques de personnes infectées, ou avec des surfaces et des matériaux (par exemple, linge de lit, vêtements) qui ont été contaminés par ce type de liquides. La famille de virus Filoviridae compte trois genres : Cuevavirus, Marburgvirus et Ebolavirus. Cinq espèces ont été identifiées : Zaïre, Bundibugyo, Soudan, Reston et Forêt de Taï. Les trois premières ont été associées à d'importantes flambées Afrique. Le virus à l'origine de la flambée 2014 en Afrique de l'Ouest appartient à l'espèce Zaïre.
- 7 C'est donc dans un cadre géographique caractérisé par de profondes mutations spatiales que l'épidémie d'Ebola est survenue dans l'espace CEDEAO. Dans cet article, qui se veut une modeste synthèse d'un point de vue géographique, nous cherchons dans un premier temps à replacer l'épidémie d'Ebola qui s'est déclenchée en Guinée dans le contexte historique des épidémies Ebola survenues en Afrique subsaharienne. Dans un second temps, suite à un bref rappel du rôle connu de la faune sauvage dans l'épidémiologie d'Ebola, nous nous efforcerons de définir les conséquences des changements environnementaux sur le risque Ebola dans l'espace CEDEAO. Puis, nous retracerons les grandes lignes de cette épidémie, évoquerons les possibles raisons géographiques responsables de sa fulgurante progression, avant d'énoncer quelques perspectives sur le risque Ebola en Afrique.

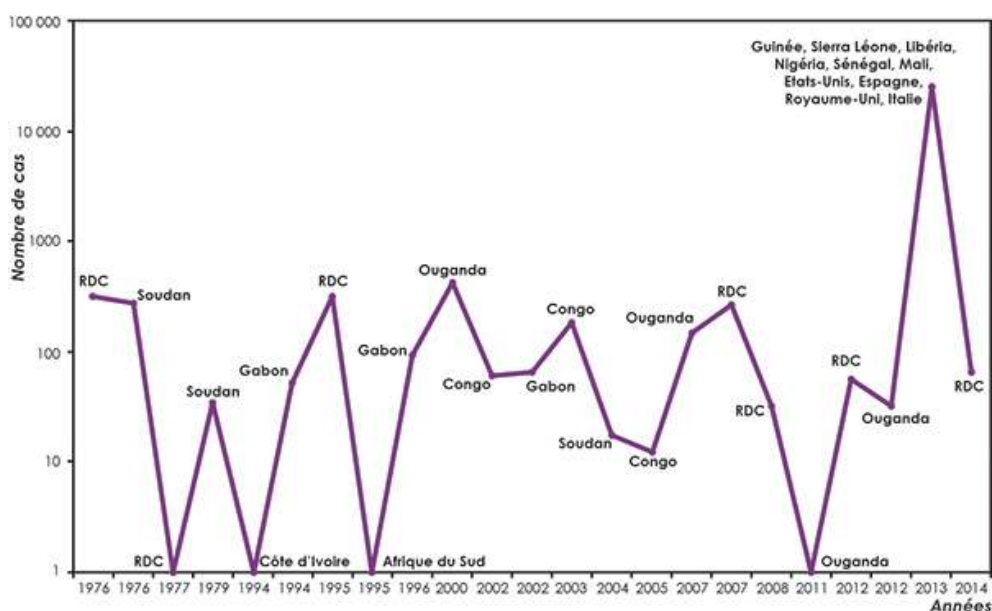
Rappel historique des épidémies d'Ebola en Afrique subsaharienne

- 8 La maladie à virus Ebola a été identifiée pour la première fois en 1976, lors de 2 flambées simultanées à Nzara (aujourd'hui au Soudan du Sud) et à Yambuku (République démocratique du Congo). Yambuku étant situé près de la rivière Ebola,

celle-ci a donné son nom à la maladie. Rappelons que c'est grâce aux échantillons rapportés par un médecin militaire français, le Général Gilbert Raffier (capitaine à l'époque) et par son collègue belge, le Dr. Ruppel, que le virus a été identifié en 1976³. Depuis cette date et jusqu'à ce jour, on recense par pays 23 épidémies d'Ebola survenues en Afrique subsaharienne (**figure 1**). Jusqu'en 2013, les pays touchés sont la République Démocratique du Congo, le Soudan, la Côte d'Ivoire (infection d'un primatologue dans le Parc National de Taï), le Gabon, l'Afrique du Sud (cas importé), le Congo et l'Ouganda. L'épidémie qui s'est déclarée en décembre 2013 a touché plusieurs pays de l'espace CEDEAO tels que la Guinée, la Sierra Leone, le Libéria, le Nigéria, le Sénégal et le Mali. Quatre observations majeures peuvent être tirées de la **figure 1** :

1. Si on regarde le nombre de cas d'Ebola dépisté depuis 1976 (31 099 cas), et qu'on le compare au nombre de cas diagnostiqués pendant l'épidémie en décembre 2013 jusqu'en mars 2016 (28 646 cas), l'épidémie débutée en Guinée cumule 91 % de l'ensemble des cas d'Ebola dépistés en Afrique subsaharienne depuis 1976.
2. Avant 2013, chaque épidémie ne sévissait que dans un pays, sans extension de la maladie aux pays frontaliers à partir d'une transmission interhumaine.
3. Certaines épidémies se sont déclenchées la même année, le plus souvent à des centaines de kilomètres de distance, suggérant un facteur global (climatique ? environnemental ? animal ? humain ?) qui favorise le développement de la maladie chez les animaux puis sa transmission à l'homme. C'est le cas en 1976 en RDC et au Soudan, en 1994 entre la Côte d'Ivoire et le Gabon (bien que cet exemple soit probablement anecdotique pour le passage à l'homme), en 2002 au Congo et au Gabon, en 2007/2012 pour l'Ouganda et la RDC, puis en Guinée (décembre 2013) et en RDC (août 2014).
4. Un diagnostic de cas humain du virus Ebola, cas isolé et sans suite, avait déjà été réalisé dans l'espace CEDEAO (Côte d'Ivoire), antérieurement à l'épidémie de 2013.

Figure 1 : Succession des épidémies d'Ebola dans le temps en fonction des pays



- 9 Ce dernier point mérite d'être approfondi car il s'agit de la première référence quant à la présence d'Ebola chez l'homme dans l'espace CEDEAO. En novembre 1994 un nouveau sous-type (Taï) du virus Ebola a été isolé sur une primatologue qui étudiait les chimpanzés (Le Guenno *et al.*, 1995) dans la forêt de Taï (Côte d'Ivoire). On suppose que

la patiente a été infectée en réalisant l'autopsie d'un primate mort du virus Ebola, appartenant à une communauté de chimpanzés durement touché par une épidémie Ebola fin 1994 (Formenty *et al.*, 1999). Les études menées sur cette question ont pu mettre en évidence qu'une autre épidémie aurait eue lieu chez ces chimpanzés en 1992, sans passage sur l'homme. Ainsi, Ebola est présent dans la forêt de Taï, à l'intérieur d'une zone bien définie qui abrite des chimpanzés.

Le rôle de la faune sauvage dans l'épidémiologie d'Ebola

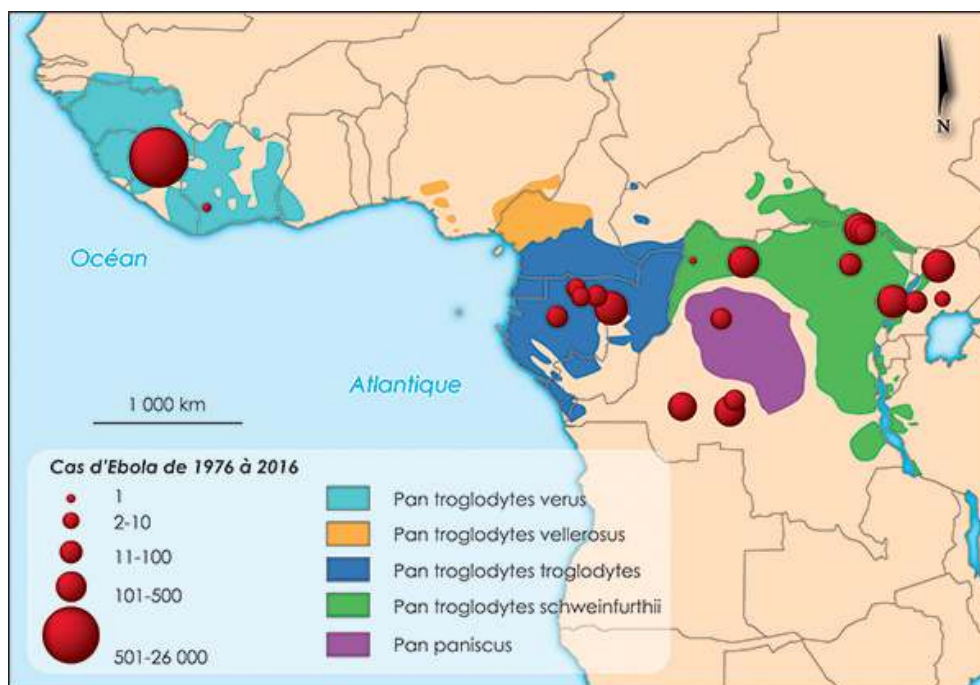
- 10 La plupart du temps, les épidémies chez les primates simiens précèdent les épidémies d'Ebola chez les hommes (Kormos *et al.*, 2004). En effet, la frontière spécifique entre les hommes et les chimpanzés est l'une des plus faciles à franchir pour les maladies infectieuses et parasitaires. Lors d'une épidémie humaine, le séquençage des gènes codant pour les glycoprotéines du virus Ebola montre qu'une seule souche virale est présente. Le cas à l'origine de l'épidémie chez l'Homme, nommé « cas index », est souvent un chasseur ou un boucher ayant été en contact avec l'animal atteint d'Ebola. L'étude des souches virales recueillies sur des carcasses de gorilles ou de chimpanzés trouvées à proximité des foyers épidémiques humains a montré qu'il existait chez ces animaux, une multitude de souches plus ou moins différentes entre elles. Ceci suggère donc que la transmission du virus Ebola chez les grands singes découle de multiples introductions à partir d'un réservoir naturel (Leroy *et al.*, 2004).
- 11 Les plus fortes suspicions concernant le réservoir animal Ebola ont été dirigées vers les chiroptères. En effet, la recherche sérologique d'IgG spécifiques a permis de déceler la présence d'immunoglobulines chez 6 espèces de chauves-souris frugivores. Ces 6 espèces ont une vaste distribution géographique couvrant les zones où on retrouve les épidémies d'Ebola. Il existe une interaction forte entre les chimpanzés et les chauves-souris, généralement pendant la saison sèche, lorsque la compétition pour les fruits est à son maximum. Les chauves-souris étant immunodéprimées durant cette période (gestation, malnutrition), cela pourrait favoriser une réplication virale plus importante. Enfin, les chauves-souris sont également le réservoir de virus génétiquement reliés aux filovirus tels que rhabdovirus (rage) et les paramyxovirus (virus Hendra et Nipah) qui font partie du même ordre. Il semble donc logique de penser que les chauves-souris sont le réservoir du virus Ebola. A partir de là, on peut considérer que la principale porte d'entrée du virus Ebola dans la population humaine passe par le dépeçage et la consommation de viande de brousse, et plus spécifiquement celle des chimpanzés et des chauves-souris. L'infection peut aussi être transmise à l'homme par la manipulation ou la consommation de fruits contaminés par la salive ou les matières fécales de chauves-souris porteuses du virus ou de chimpanzés malades. La distribution géographique et la situation actuelle de ces populations hôtes du virus en Afrique subsaharienne, et plus précisément dans l'espace CEDEAO constituent alors un élément majeur du système pathogène de la maladie (Picheral, 1973).

Biogéographie des populations de chimpanzés dans l'espace CEDEAO : impact de la pression anthropique et risques épidémiologiques

- 12 En Afrique subsaharienne, le terme chimpanzé regroupe 2 espèces, le chimpanzé commun (*Pan troglodytes*) et le bonobo (*Pan paniscus*). Il existe 4 principales sous-espèces de chimpanzé commun que sont *Pan troglodytes verus*, *Pan troglodytes ellioti*, *Pan troglodytes troglodytes* et *Pan troglodytes schweinfurthii* (**figure 2**). Dans l'espace CEDEAO, 2 sous-espèces sont présentes, il s'agit de *Pan troglodytes vellerosus* présent au Nigéria et de *Pan troglodytes verus*, présent dans plusieurs pays (**figure 2**). Quelques observations peuvent être faites à la lecture de la **figure 2** :

1. *Pan troglodytes vellerosus*, n'a jamais été impliqué dans le déclenchement d'une épidémie d'Ebola.
2. Des épidémies d'Ebola se sont déclenchées en dehors de l'aire de distribution des chimpanzés, mettant en évidence le rôle contact d'autres animaux sauvages (gorilles, chauves-souris etc.).
3. *Pan troglodytes verus* couvrent les 2 sites où ont débuté les épidémies de l'espace CEDEAO (Côte d'Ivoire, Guinée).

Figure 2 : Distribution des chimpanzés en Afrique subsaharienne et distribution de l'origine des épidémies Ebola survenues sur un demi-siècle



- 13 *Pan troglodytes verus* occupe une large variété de types d'habitat qui incluent les savanes sèches, les forêts tropicales sempervirentes, les forêts tropicales de montagne, les forêts marécageuses et les mosaïques forêts sèches-savane. En Afrique de l'Ouest, la déforestation pour l'exploitation du bois précieux a débuté dans les zones forestières les plus sèches et s'est ensuite déplacée vers les zones plus humides. Lorsque l'agriculture et surtout le commerce de viande de brousse ont suivi l'exploitation forestière, les chimpanzés des zones plus sèches ont été les premiers menacés par la

perte et la fragmentation de leur habitat, puis ces pressions ont progressivement atteint les zones plus humides (Kormos *et al.*, 2004). Les populations de *Pan troglodytes verus* les plus importantes se trouvent en Côte d'Ivoire, tandis que de plus petits groupes existent en Guinée, en Sierra Leone, en Guinée-Bissau et au Libéria. Des populations résiduelles survivent au Mali, au Ghana et au Sénégal. Les chimpanzés ont disparu de Gambie, du Burkina Faso, du Bénin et probablement du Togo. On estime la population des chimpanzés de l'espace CEDEAO entre 21 000 et 55 000 individus (WWF, 2016). Actuellement, les chimpanzés d'Afrique de l'Ouest sont sur la liste rouge de l'UICN, qui considère l'espèce comme en danger de disparition (**figure 3**). Il est vrai que les forêts humides d'Afrique de l'Ouest sont déjà très fragmentées. Les derniers grands blocs de forêt se trouvent au nord-ouest du Libéria et s'étendent vers la frontière au sud-est de la Sierra Leone et à la frontière avec la Guinée forestière et ensuite à l'Est vers la Côte d'Ivoire (Parc national de Taï). C'est dans ces blocs forestiers et sur leurs marges, que subsiste la majeure partie des populations de *Pan troglodytes verus*.

Figure 3 : Liste rouge de l'UICN des principales espèces réservoir du virus Ebola dans l'espace CEDEAO en fonction du niveau de risque d'extinction de l'espèce

Species	Status	West	North	East	South	West	North	East	South	West	North	East	South	West	North	East	South
<i>Pan troglodytes</i>	Endangered																
<i>Hypsignathus monstrosus</i>	Least Concern																
<i>Epomops franqueti</i>	Least Concern																
<i>Myonycteris torquata</i>	Least Concern																
<i>Rousettus aegyptiacus</i>	Least Concern																
<i>Eidolon helvum</i>	Near Threatened																
<i>Mops condylurus</i>	Least Concern																

Source : UICN, 2016.

- 14 Le régime alimentaire des chimpanzés se compose principalement de fruits, mais ils mangent aussi des feuilles, des bourgeons de feuilles, et le reste de leur régime consiste en un mélange de graines, de fleurs, de tiges, de moelle, d'écorce, et de résine (Goodall, 1986). Les chimpanzés mangent préférentiellement des fruits. Ils complètent ce régime principalement végétarien avec des insectes, des oiseaux, des œufs d'oiseau, du miel, de la terre, et des petits mammifères, parmi lesquels d'autres primates (Boesch *et al.*, 2002). C'est principalement en périphéries de ces vestiges forestiers, plus ou moins vastes, que l'homme et le chimpanzé se côtoient (**encadré 1**).

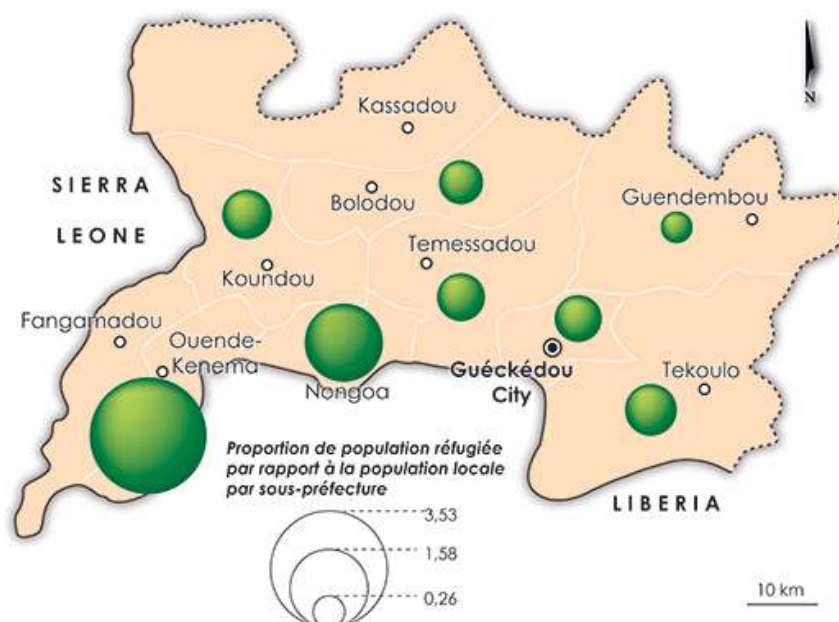
Encadré 1

Exemple de cohabitation hommes/chimpanzés : le terroir du village de Bossou (Guinée)

« La communauté de chimpanzés située sur le terroir du village de Bossou, habité par quelques centaines d'habitants, au Sud-Est de la Guinée, fournit un bon exemple d'utilisation simultanée des ressources par les hommes et les chimpanzés. L'habitat des chimpanzés comporte de petites collines dominées par une forêt primaire et secondaire qui encerclent le village, sur une superficie d'environ 5 km², et des marécages et des champs cultivés l'entourent. Cependant, la présence de forêts galeries permet aux chimpanzés d'étendre leur aire de distribution à environ 15 km², atteignant presque les contreforts des monts Nimba. Dans cette région, les hommes consomment 23 espèces de plantes forestières qui sont également consommées par les chimpanzés. Les chimpanzés de Bossou n'hésitent pas à piller les récoltes (champs cultivés, vergers), car ils consomment 29 espèces de plantes cultivées, surtout pendant la saison des pluies quand les fruits se font rares dans leur habitat naturel. Les peuples Manon qui vivent dans cette région considèrent le chimpanzé comme un de leurs totems et le respectent comme une réincarnation de leurs ancêtres. Dans les années 1990, un afflux de réfugiés libériens a aggravé la situation, par une mise en valeur agricole des flancs de collines qui ont été convertis en champs entraînant une fragmentation supplémentaire de l'habitat. De plus, les réfugiés et les immigrants ne partagent pas les mêmes tabous et coutumes que les peuples Manon locaux et montrent généralement plus d'intolérance envers les chimpanzés qui détériorent leurs récoltes. La chasse des chimpanzés pour leur viande varie fortement d'un pays à l'autre, d'une région à l'autre et même d'un village à l'autre ». Source : Kormos et al., 2004.

- 15 Au sujet des réfugiés libériens énoncés dans l'encadré ci-dessus, il faut rappeler que toute la Guinée forestière frontalière au Libéria et à la Sierra Leone a été sujette à un afflux de 500 000 réfugiés entre 1990 et 1995, suite aux conflits survenus dans ces 2 pays (Van Damne, 1999). Le phénomène décrit plus haut a pu être généralisé à toute la Guinée forestière, provoquant un contact hommes/chimpanzés accentué, voir à une possible augmentation de la consommation de la viande de chimpanzés. La **figure 4** montre l'arrivée des réfugiés dans la région du bec de Guéckédou, qui a constitué l'épicentre du foyer Ebola de décembre 2013 à partir du cas « index » de Méliandou (situé à 10 kilomètres au Nord-Est de Guéckédou). Il est certes difficile de corréliser ces 2 événements qui se situent à plus de 20 années d'intervalle, mais il est possible que, sur le long terme, l'arrivée de ces réfugiés ait pu créer des conditions finalement favorables à l'introduction du virus chez l'homme, ne serait-ce que par l'augmentation des densités de populations, l'extension des surfaces cultivées et des pratiques agricoles différentes que celles des populations locales, permettant une plus grande promiscuité entre les hommes et les animaux sauvages. En Guinée Forestière (régions de Guéckédou, Macenta, N'Zérékoré, Yomou) des observations qualitatives de terrain réalisées en 2012 nous ont permis de voir combien cette région était sujette à la déforestation, même dans les espaces protégés telle que la forêt classée de Kelema, constituant la pointe du bec de Guéckédou (Observ. Pers.).

Figure 4 : Part de la population réfugiée dans la population totale dans le bec de Guéckédou (d'après Van Damne, 1999)



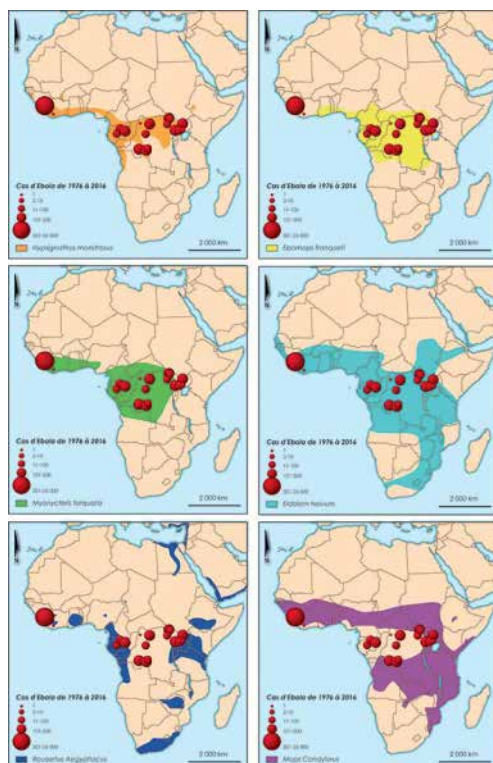
- 16 Consommer ou non de la viande de chimpanzés est une décision qui semble être influencée par des tabous religieux et culturels et par un choix personnel. La religion musulmane interdit la consommation de viande de porcs et de primates. Teleki (1980) a ainsi déterminé que les primates constituaient un mets de choix au Sud-Est de la Sierra Leone où la majorité de la population est chrétienne, tandis qu'elle était délaissée dans le Nord du pays, à majorité musulmane. En Guinée, Ham (1998) a mis en évidence une consommation plus répandue dans le Sud-Est de la Guinée, majoritairement chrétien, comparativement à ce qui se passe dans la région du Fouta-Djalon, dominée par l'islam. Les tribus animistes du sud-ouest, de l'ouest et de l'est de la Côte d'Ivoire considèrent le chimpanzé comme un totem. Même lorsqu'il existe des tabous contre leur chasse, les chimpanzés ne sont jamais complètement à l'abri, car les populations qui les respectent ne sont pas toujours prêtes à les protéger d'une exploitation étrangère. C'est le cas en Guinée, avec les populations du Sud-Est du pays qui viennent chasser les chimpanzés dans le Fouta-Djalon, boucanant la viande et la ramène dans leur région d'origine pour la consommation. Aussi, les circuits commerciaux de viande de brousse pour alimenter les grands centres urbains représentent un réel danger pour les populations de chimpanzé, surtout quand la localisation géographique de l'aire protégée qui abrite les chimpanzés est proche d'un grand centre urbain. Toutes les croyances ne sont pas forcément favorables à la protection des chimpanzés. Dans certaines régions de Guinée par exemple, les gens croient que le sang de chimpanzé guérit l'épilepsie et que sa viande rend les jeunes enfants forts. En résumé, les populations de chimpanzés de l'espace CEDEAO sont soumises à une compétition accrue dans leur recherche de nourriture et à un risque exponentiel d'être abattu, du fait de l'extension spatiale de l'emprise humaine (**figure 3**). Si les grands singes jouent un rôle prépondérant dans l'épidémiologie d'Ebola, le réservoir même du virus (les chauves-souris) semble également capable de déclencher des épidémies, en entrant en contact direct avec l'homme.

Biogéographie des populations de chauve-souris dans l'espace CEDEAO : Territoires partagés avec les chimpanzés et les hommes

- 17 Seules certaines espèces de chauve-souris frugivores sont reconnues comme étant les réservoirs du virus Ebola. Dans certaines conditions géographiques bien spécifiques, elles semblent capables de déclencher à elles seules des épidémies d'Ebola, comme ce fût le cas en 2007 en République Démocratique du Congo dans la province du Kasai Occidental à proximité de la ville de Luebo (Leroy *et al.*, 2009). Les espèces de chauve-souris frugivores reconnues comme étant un réservoir Ebola sont *Hypsignathus monstrosus*, *Epomops franqueti*, *Myonycteris torquata*, *Rousettus aegyptiacus*, *Mops Condylurus* et *Eidolon helvum*. Toutes ces espèces sont considérées comme communes et très peu concernées par un risque de disparition (**figure 3**). Les informations sur l'écologie et le comportement de ces espèces de chauves-souris sont parcellaires, surtout si on tient compte de leur importance épidémiologique. En ce qui concerne leur distribution géographique, plusieurs points sont à retenir par rapport à l'épidémie d'Ebola qui s'est déclenchée dans l'espace CEDEAO (**figure 5**) :
1. Cinq espèces de chauve-souris sont susceptibles d'avoir joué un rôle dans le déclenchement du foyer Ouest-africain, seule *Epomops franqueti*, chauve-souris frugivore absente de l'ensemble de l'aire couverte par l'épidémie, n'étant donc pas susceptible d'être impliquée.
 2. Une seule espèce couvre l'ensemble des foyers d'Ebola en Afrique subsaharienne : *Eidolon helvum*.
- 18 *Hypsignathus monstrosus* est une espèce frugivore qu'on trouve dans une vaste gamme d'habitats, tels que la forêt mésophile, ombrophile, riveraine, marécageuse et de palétuviers (**figure 5**). Localement, cette espèce peut disparaître, notamment du fait de la destruction des forêts-galeries. Dans une partie de son aire de distribution, elle est chassée pour sa chair (Mickleburgh *et al.*, 2008a). *Epomops franqueti* vit en forêt dense primaire et secondaire, elle s'adapte aux zones faiblement dégradées, mais disparaît si l'anthropisation se fait trop forte, elle est d'ailleurs absente des grandes villes. Elle se perche en petits groupes généralement au bord de l'eau (Mickleburgh *et al.*, 2008b). S'agissant de *Myonycteris torquata*, elle est généralement associée à la forêt dense tropicale (primaire et secondaire) tout comme dans les paysages de mosaïque articulant forêt et prairie. C'est une espèce qui s'adapte particulièrement bien, puisque certains spécimens ont été retrouvés dans des jardins en ville. Il n'existe pas de menaces majeures sur cette espèce, excepté dans les opérations d'exploitations massives de bois où dans la destruction totale de la forêt aux profits des cultures. Les jeunes mâles semblent avoir une capacité migratoire importante (Mickleburgh *et al.*, 2008c). Quant à *Rousettus aegyptiacus*, cette espèce fait face à un certain nombre de menaces mais aucune ne remet en cause la survie de l'espèce au niveau mondial. Elle est présente dans une large gamme de biotopes, allant des régions arides à la forêt ombrophile. Elle s'adapte bien, tant que la nourriture est disponible et que les sites où elles peuvent se percher restent disponibles. Elle est strictement cavernicole (grottes, structures artificielles telles que des tunnels d'irrigation souterrains, des ruines, des puits ouverts etc.). Elle est cependant chassée pour sa chair, dans quelques régions d'Afrique caractérisées par l'existence d'un fort réseau de grottes où elle est donc présente en grand nombre (Benda *et al.*, 2008). En ce qui concerne *Mops Condylurus*, il s'agit d'une

espèce en grande partie associée aux habitats de savane, bien qu'elle puisse parfois être vue aux abords des régions forestières. Elle affectionne le creux des arbres, les crevasses et les bâtiments en construction. Ce n'est pas une espèce en danger (Mickleburgh *et al.*, 2008d). *Eidolon helvum* est une espèce de chauve-souris qui est largement distribuée au sein de la forêt tropicale (**figure 5**). Elle colonise une vaste gamme d'habitats, de la forêt tropicale humide et sèche, aux forêts de palétuviers et aux forêts fluviales. Elles atteignent les îles du Golfe de Guinée et le complexe insulaire Zanzibar, Pemba et Mafia (Tanzanie). Elle s'adapte bien aux modifications environnementales, d'ailleurs l'espèce est souvent enregistrée dans les villes, notamment au niveau des parcs boisés. Pendant la migration, elles se divisent en petits groupes. La preuve d'un déclin de cette espèce existe, le cas d'une célèbre colonie de Kampala (Ouganda) qui est passée de 250 000 à 40 000 individus en 40 ans en est une bonne illustration. Elle est la chauve-souris, mais aussi un des mammifères, le plus chassé pour sa viande. Elle est également utilisée en médecine traditionnelle. C'est d'ailleurs l'espèce de chauve-souris réservoir du virus qui est la plus menacée selon l'UICN (**figure 3**) (Mickleburgh *et al.*, 2008e). Chauve-souris d'intérêt alimentaire et médical, considérée comme espèce nuisible en certaines régions, s'approchant des milieux urbains, elle apparaît comme particulièrement dangereuse du point de vue épidémiologique. On notera que très peu d'études ont été consacrées aux migrations de chauve-souris, malgré leur importance épidémiologique en terme de risque Ebola. En résumé, il ne semble pas exister de danger de disparition, même à long terme, des espèces de chauves-souris réservoir du virus Ebola, la plus menacée étant *Eidolon helvum* (**figure 3**).

Figure 5 : Distribution géographique des espèces de chauve-souris réservoir du virus Ebola en relation avec l'origine des épidémies depuis 1976 en Afrique subsaharienne



Le déroulement de l'épidémie d'Ebola dans l'espace CEDEAO

- 19 Le village de Méliandou, situé à une dizaine de kilomètres au Nord-Est de Guéckédou, serait le point de départ de l'épidémie d'Ebola. Le « cas index », un enfant de 18 mois résidant dans ce village, a présenté les premiers symptômes d'Ebola le 23 décembre 2013 avant de décéder (**encadré 2**). Situé en plein cœur du pays Kissi, ce petit village constitué d'une dizaine de cases habitées par quelques centaines d'habitants et entouré par une forêt de type mésophile, seul témoin de la forêt originelle qui couvrait alors toute cette région du bec de Guéckédou (**figure 6**) est à l'image des formes de peuplement de la Guinée forestière et plus spécifiquement du pays Kissi qui couvre une partie de l'ensemble de la zone épidémique (Guinée, Libéria, Sierra Leone). Il s'agit d'une configuration très favorable à la proximité et au contact entre l'homme et les chauves-souris, puisque la forêt entourant les villages abrite des perchoirs particulièrement adaptés à ces dernières. En revanche, l'absence de blocs forestiers environnants favorables à la vie de communauté de chimpanzés limite la probabilité d'implication de cette espèce dans ce processus épidémique.

Encadré 2

L'avancée silencieuse et meurtrière d'Ebola

« Avant l'apparition des symptômes, le « cas index », un enfant de 18 mois, avait été vu jouant dans son arrière-cour à proximité d'un gîte densément occupé par des chauves-souris. La deuxième semaine de janvier 2014, plusieurs membres de la famille immédiate du garçon avaient développé une maladie similaire, suivie d'une mort rapide. La même chose s'est produite chez plusieurs sages-femmes, guérisseurs traditionnels et personnels d'un hôpital de la ville de Guéckédou où ces patients avaient été traités. Au cours de la semaine suivante, des parents éloignés du garçon, qui avaient assisté aux funérailles ou soigné des parents malades, sont également tombés malades et sont décédés. Entre-temps, le virus s'était propagé dans quatre sous-districts à travers d'autres chaînes de transmission. Un schéma dans lequel se succédaient une exposition non protégée, d'autres cas et décès, d'autres funérailles et une propagation ultérieure a été établi.

La première alerte a été donnée le 24 janvier, lorsque le chef du poste de santé de Méliandou a notifié aux représentants de la santé du district cinq cas de diarrhée sévère ayant conduit rapidement au décès des patients. Cette alerte a déclenché une investigation le jour suivant à Méliandou, conduite par une petite équipe de représentants de la santé locaux. Les symptômes signalés, comprenant la diarrhée, les vomissements et une déshydratation sévère, étaient en apparence similaires à ceux du choléra, l'une des nombreuses maladies infectieuses endémiques de cette région. Cependant, aucune conclusion définitive n'a été avancée. Une deuxième équipe plus importante, comprenant du personnel de Médecins sans frontières, s'est rendue à Méliandou le 27 janvier. Un examen microscopique d'échantillons de patients a révélé la présence de bactéries, corroborant ainsi la conclusion selon laquelle la maladie inconnue était vraisemblablement le choléra. Après la visite de l'équipe, d'autres décès sont survenus mais n'ont fait l'objet d'aucune notification ni investigation. Le 1er février, le virus a atteint la capitale, Conakry, transporté par un parent éloigné du garçon, infecté à son tour. Il est décédé quatre jours plus tard dans un hôpital où, les médecins

n'ayant aucune raison de suspecter Ebola, aucune mesure n'avait été prise pour protéger le personnel et les patients. Dans les semaines qui ont suivi, la maladie s'est propagée aux préfectures de Macenta, Baladou, N'Zérékoré et Farako, ainsi qu'à plusieurs villages et villes sur les trajets conduisant à ces destinations. Le Ministère de la santé a lancé sa première alerte sur la maladie non identifiée le 13 mars 2014. Le jour même, le personnel du Bureau régional OMS de l'Afrique (AFRO) a officiellement créé un événement dans le Système de gestion des situations d'urgence pour une maladie que l'on suspectait alors d'être la fièvre de Lassa. Une investigation majeure, à laquelle ont participé le Ministère de la santé, le Bureau régional OMS de l'Afrique et Médecins sans Frontières, a été menée du 14 au 25 mars, avec notamment des visites effectuées à Kissidougou, Macenta, Guéckédou et N'Zérékoré. Cette enquête a mis en évidence des liens épidémiologiques entre des flambées que l'on ne pensait pas liées entre elles auparavant, et a identifié la ville de Guéckédou comme étant l'épicentre de la transmission d'une maladie dont on ne connaissait toujours pas la cause. Le 21 mars, l'Institut Pasteur de Lyon, en France, un centre collaborateur de l'OMS, a confirmé que l'agent responsable était un filovirus, réduisant ainsi le diagnostic à deux maladies : la maladie à virus Ebola ou la fièvre hémorragique de Marburg. Le jour suivant, le laboratoire a confirmé que l'agent responsable était l'espèce Zaïre du virus Ebola, la plus mortelle dans cette famille virale. Le jour même, le gouvernement a alerté l'OMS de ce qu'il décrivait comme une flambée de maladie à virus Ebola d'« évolution rapide ». Lorsque l'OMS a publiquement annoncé la flambée sur son site Web le 23 mars, 49 cas et 29 décès avaient été officiellement notifiés ». Source : WHO, 2015.

Figure 6 : Vue aérienne du village de Méliandou, d'où est originaire le cas « index 0 »



Source : Google Earth, 2016.

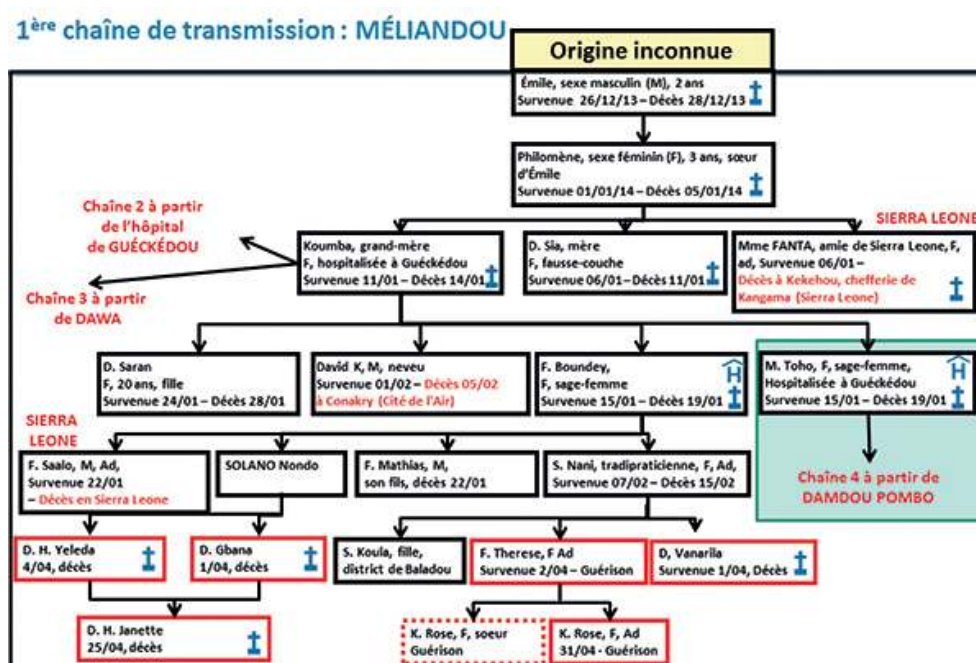
- 20 L'ampleur de l'épidémie d'Ebola survenue dans l'espace CEDEAO ne s'explique pas par une virulence ou des caractéristiques de transmissibilité particulières de cette souche de virus Ebola (souche Zaïre). La durée d'incubation, le taux de reproduction R_0 (nombre de cas secondaires liés à un cas index au sein d'une population et qui se situe entre 1,5 et 2), la présentation clinique et la létalité estimée à 70 % ne diffèrent pas de celles constatées lors des précédentes épidémies d'Ebola survenues en Afrique Centrale. Les raisons de sa fulgurante propagation s'inscrivent dans plusieurs dimensions :

1. C'était la première fois que ces pays étaient confrontés à Ebola, les services de santé n'étaient absolument pas préparés à suspecter, identifier et encore moins à endiguer le mal.

D'autant plus que le mauvais état des voies de communications et l'état de délabrement des infrastructures sanitaires, du fait de la corruption ambiante et des conflits Libériens et Sierra Leonais, ont considérablement freiné la riposte sanitaire.

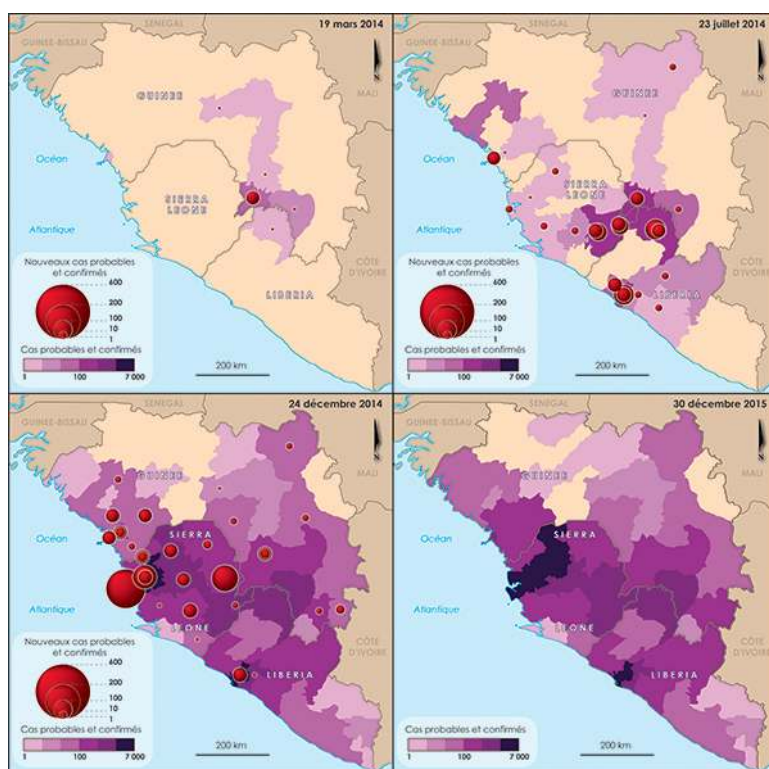
2. Les croyances mystiques, très développées en pays Kissi, où l'épidémie s'est déclenchée, ont également participé à la transmission mais aussi au retard voire à l'anesthésie de la riposte sanitaire (**encadré 3**). En effet, dans la plupart des lignages Kissi l'infraction d'un interdit (consommation de la viande d'un animal totem par exemple), induit la maladie. Pour guérir, le doyen du lignage, gardien du totem doit laver le malade (acte favorable à la transmission du virus Ebola) lors d'une cérémonie qui a lieu devant la tombe des ancêtres et que le doyen clos en disant « *Ancêtres, Un tel a mangé le totem sans le savoir, pardonnez-lui* ». Ainsi, il existe un seul mode possible de guérison : le recours aux ancêtres car offensés ceux-ci ont infligé une punition (la maladie) qu'ils lèveront à leur guise (Paulme, 1954).

Figure 7 : Organigramme de la première chaîne de transmission d'Ebola à partir du village de Méliandou



SOURCE : OMS, 2014.

Figure 8 : Propagation de l'épidémie Ebola en Guinée, en Sierra Leone et au Libéria



SOURCE : OMS, 2015.

Encadré 3

Sort et guérison en pays Kissi

« Après un malheur, tel qu'épidémie, épizootie, incendie, sécheresse prolongée durant l'hivernage, ou simplement lorsqu'on redoute un tel malheur survenu dans un village voisin, le devin sur la demande des chefs de lignages ou du chef de village, interroge le sort. Obéissant aux indications reçues, il ordonne que chaque habitant apporte un échantillon de chacune de ces provisions... Le tout est réuni chez le chef, puis porté solennellement soit sur la place publique, soit, le plus souvent, au premier carrefour à la sortie du village. En présence de tous, le doyen prononce quelques mots, volontairement elliptiques : « Que ce qui est arrivé à nos voisins n'arrive pas chez nous », ou « Que ce qui est arrivé ne se reproduise plus jamais », ou encore « Que l'homme qui veut du mal au village, l'homme que nous ignorons mais que Dieu connaît, que cet homme soit puni » (Paulme, 1954).

- 21 Cette vision des choses, encore d'actualités dans les petits villages reculés de Guinée forestière touchés par l'épidémie d'Ebola, laisse peu de place à une adhésion à la médecine occidentale, dont les détenteurs ont parfois été mortellement pris à partie, accusés de propager eux-mêmes le mal (Ebola).

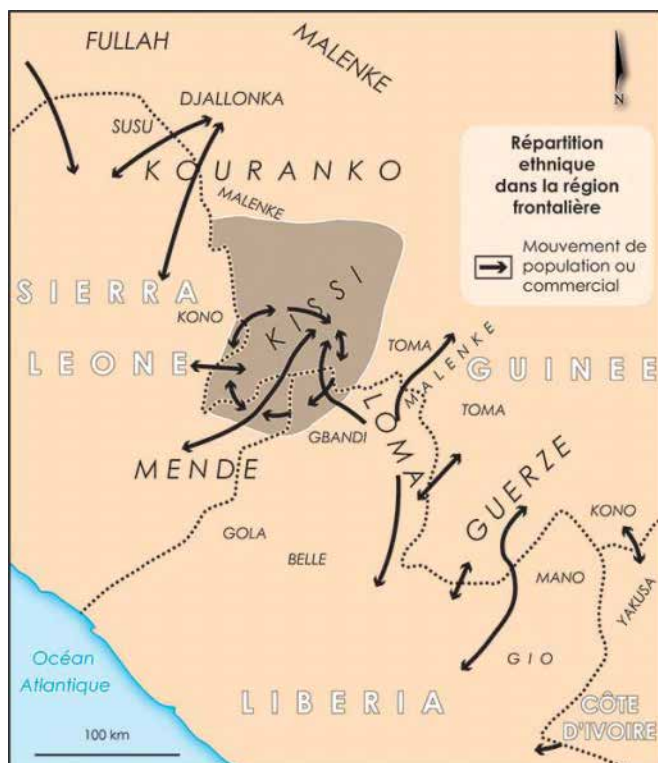
Mais surtout, l'espace concerné par l'épidémie répond à des caractéristiques inconnues à ce jour dans la survenue des épidémies du virus Ebola chez l'Homme. Si les premiers cas sont apparus dans des communautés reculées et défavorisées à l'image des observations effectuées en Afrique centrale ou au Soudan, les caractéristiques de densité de population et de peuplement, de connectivité et de superposition d'un espace culturel par delà les frontières étatiques (le pays Kissi, Person, 1960), transforment radicalement les caractéristiques épidémiogènes de l'environnement concerné par ce processus d'émergence.

Salles partitionnées d'une unité de traitement d'Ebola (ETU, CDC/ Dr. Heidi Soeters, 2014)

Décontamination d'un membre du personnel médical après la visite d'une unité de traitement Ebola au Libéria (CDC/ Athalia Christie, 2014)

- 22 C'est en utilisant ces différences fondamentales qu'Ebola a traversé très rapidement la frontière entre la Guinée et la Sierra Leone, puis celle avec le Libéria. Le pays Kissi est un foyer de peuplement ancien puisque dès 1947, les densités de population humaine se situaient entre 20-50 habitants par km² aussi bien du côté guinéen, sierra léonais que libérien, représentant des densités de population largement au-dessus de la moyenne d'Afrique de l'Ouest pour cette époque (ORSC, 1947). Hutchinson (1964) confirme ce fait quelques années plus tard « *La répartition du peuple Kissi compte près de 300 000 personnes, dont les 2/3 vivent dans les régions de Kissidougou et de Guéckédou...C'est en pays Kissi que la densité de la population est la plus élevée. Avec une moyenne de 37 hab/km², elle s'élève dans le sud-ouest de la région de Guéckédou et dans les cantons Kissi du Libéria et de la Sierra Leone, à plus de 43 hab/km²* ». Plus récemment en 1996, les densités de population en pays Kissi dépassaient les 100 hab/km² (Bidou & Touré, 2002). Cette forte densité de population est favorable à la promiscuité entre individus et génératrice d'une mobilité humaine importante qu'Ebola va utiliser avec brio. Comme le montre la **figure 7**, 11 jours après le « cas index », Ebola était déjà diagnostiqué en Sierra Leone, avant même donc d'arriver à Conakry qu'il a mis 36 jours à atteindre. La **figure 8a** décrit la situation de l'épidémie Ebola au 19 mars 2014, soit 4 jours avant l'annonce officielle de l'épidémie par l'OMS, et montre que des cas de Guinée avaient déjà été importés au Libéria et en Sierra Leone, mais n'avaient pas fait l'objet d'une détection, d'une investigation ni d'une notification officielle de l'OMS. Ce schéma de diffusion transfrontalier d'Ebola en pays Kissi s'inscrit ainsi dans l'intense mobilité qui existe entre les populations Kissi situées de chaque côté de la frontière, et particulièrement dans ce bec de Guéckédou (**figure 9**).

Figure 9 : Délimitation du pays Kissi et mobilité transfrontalière entre la Guinée, la Sierra Leone et le Libéria (Hutchinson et al., 1964)



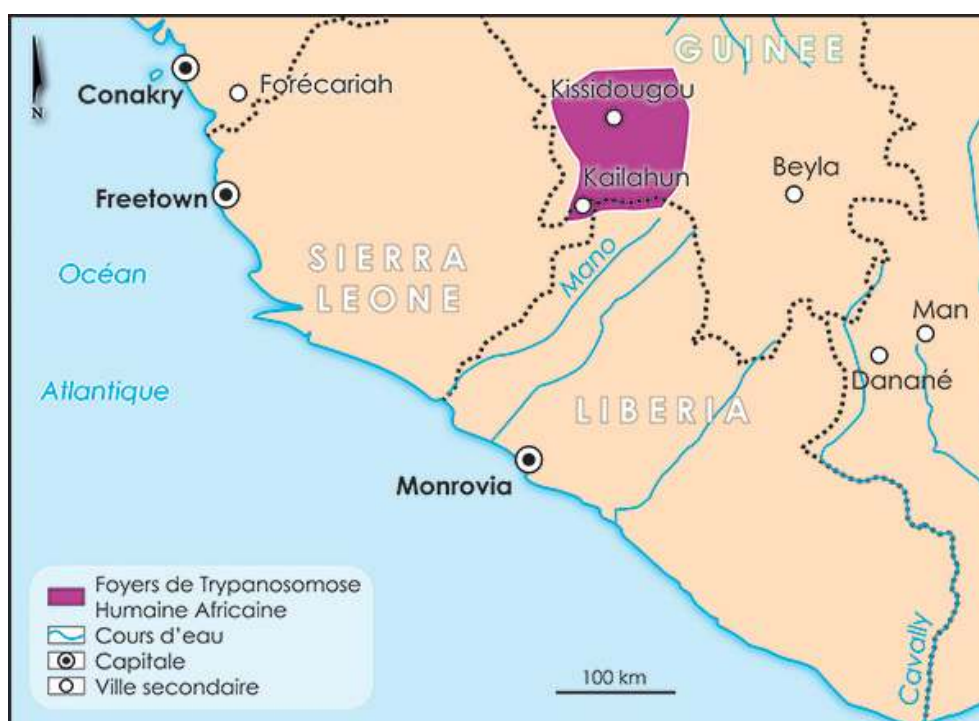
- 23 Toujours selon Hutchinson et al., 1964 « Lorsque la frontière correspond à une division ethnique, le mouvement local au travers de cette frontière est faible, mais quand la frontière partage un groupe ethnique, ce mouvement dans chaque sens est considérable et ceci est d'autant plus marqué dans le territoire Kissi à cause des relations familiales étroites existant parmi cette population de part et d'autre de la frontière et en raison d'une importante chaîne de marchés locaux ». Lorsque Hutchinson fait ces observations, il se soucie du risque de diffusion de la maladie du sommeil de part et d'autre des frontières de la Guinée, de Sierra Leone et du Libéria. Ainsi Ebola n'a pas été la seule pathologie à avoir profiter de cette opportunité géographique qu'est la mobilité humaine du pays Kissi pour se diffuser d'un lieu à un autre. L'histoire de la maladie du sommeil, pourtant moins contagieuse car nécessitant l'implication d'un insecte vecteur, la glossine plus célèbre sous le nom de mouche tsé-tsé, est à ce titre très évocatrice. En effet, l'épidémie de la maladie du sommeil survenue dans les années 1930s en pays Kissi a nécessité la mise en place de postes-filtres pour le dépistage et le traitement des cas, afin de contenir la diffusion liée à l'intense mobilité existant de part et d'autre des 3 frontières (**encadré 4**). Il est également surprenant de constater que l'épidémie de maladie du sommeil survenue en pays Kissi affiche une parfaite superposition spatiale à celle du début de l'épidémie d'Ebola (**figure 8a, figure 10**). Enfin, un certain nombre de similitudes quant à la gestion de l'épidémie de maladie du sommeil qui a touché le pays Kissi dans les années 1930s et celle d'Ebola débutée en 2013 ont été mises en évidence (Lachenal, 2014).

Encadré 4

Description de l'emplacement des postes-filtres pour l'examen de la population face au risque de propagation de la maladie du sommeil aux frontières Guinée/Sierra Leone/Libéria en pays Kissi

« Les postes-filtres sont des centres de dépistage et de traitement établis près des postes-frontières et, actuellement, ils existent seulement sur les routes principales. L'assistant est censé examiner tous les voyageurs passant par le poste, soit quittant le pays, soit y pénétrant, et doit faire une ponction ganglionnaire de tout ganglion suspect... Dans le secteur de Guéckédou, le poste-filtre de Nongoa fut un des premiers établis : il est important et couvre la route principale de trafic commercial avec la Sierra Leone. Les infirmiers étaient autrefois postés aussi à Poo-Bengo et Kessaneh, face à Wodu et à Maar respectivement, tous deux dans le canton Kissi du Libéria pour examiner la population locale qui traversait la frontière venant du Libéria pour se rendre au marché de Guéckédou chaque semaine, et aussi à Fangamadu et Koundou, face aux cantons Soa et Mafindo dans le district Est Kono en Sierra-Leone... Le mouvement local parmi les Kissi est naturellement intense dans chaque direction en raison des importants marchés de Koindu (Sierra Leone), Guéckédou (Guinée) et Foya Camara (Libéria). Il en résulte un mouvement constant d'individus entre les trois pays ». Source : Hutchinson et al., 1964.

Figure 10 : Le foyer transfrontalier de Trypanosomiose Humaine Africaine du pays Kissi (Guinée, Sierra Leone, Libéria)



Source : Missions Bouët-Roubaud (1906-1916) et Jamot (1932-1935). Carte dressée, dessinée, héliogravée et imprimée au service Géographique de l'Afrique Occidentale Française en 1935.

- 24 De fait, les flambées d'Ebola en Sierra Leone et au Libéria ont couvé pendant des semaines avant d'apparaître au grand jour sous la forme de chaînes de transmission démultipliées qui ont envahi les grandes villes (Conakry, Freetown, Monrovia) et sont devenues si nombreuses qu'il n'était plus possible de les suivre comme le montre la situation au 23 juillet 2014 (**figure 8b**). Le fait que les 3 capitales soient touchées créé

d'emblée pour Ebola, une ouverture sur le monde avec en première ligne l'espace CEDEAO, notamment à travers les 3 aéroports internationaux.

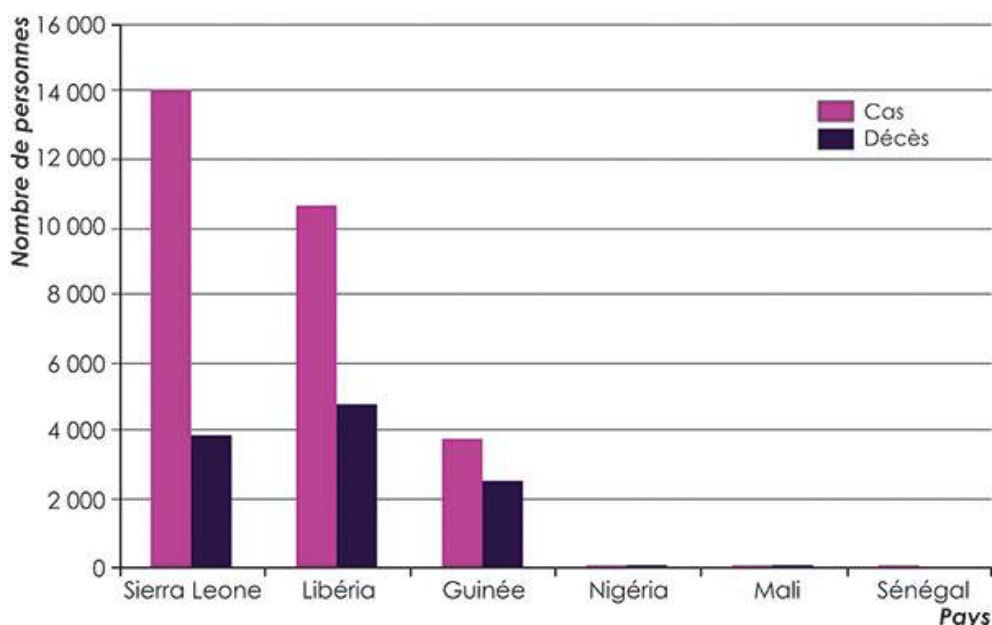
- 25 La maladie n'attendra pas très longtemps pour saisir cette opportunité puisque le 20 juillet 2014, un cas d'Ebola fera la navette entre Monrovia et Lagos, une agglomération de plus de 20 millions d'habitants. La connaissance de la situation d'Ebola en Guinée, en Sierra Leone et au Libéria, l'identification dès son arrivée à l'aéroport de ce Nigérian qui rentrait chez lui pour se soigner, la forte et rapide mobilisation nationale face au péril (800 personnes placées sous surveillance), l'utilisation d'une technologie de communication moderne (téléphone ou tablette équipée de l'application eHealth) pour le transfert et la cartographie des résultats du suivi des contacts, ont permis de juguler rapidement l'épidémie d'Ebola dont la fin a été déclarée le 20 octobre 2014. Elle aura fait 8 morts parmi les 20 cas dépistés. C'est probablement suite à cette introduction du virus Ebola au Nigéria et à l'augmentation du nombre de cas diagnostiqués dans les 3 pays de l'Union de la Mano River⁴, que l'OMS qualifiera en août 2014, l'épidémie d'Ebola « *d'urgence de santé publique de portée mondiale* ».
- 26 Jusqu'en décembre 2014, un an après l'identification du « cas index » et malgré la riposte médicale, Ebola va continuer de se propager dans ces 3 pays du l'Union du Fleuve Mano à la faveur d'opportunités offertes par la géographie humaine de ces territoires (Simon-Lorière et Lysaniuk, 2015). Comme on peut le constater sur la **figure 8c**, à la fin de l'année 2014, la quasi-totalité des divisions administratives de la Guinée (exceptée la partie Ouest calquée sur le Fouta Djallon), de la Sierra Leone et du Libéria sont concernées par Ebola, dont certaines sont frontalières à la Côte d'Ivoire, au Mali et à la Guinée-Bissau.
- 27 Pourtant, c'est le Sénégal qui sera le premier exposé à la réalité d'Ebola, avec l'importation d'un cas en provenance de Guinée, qui a été confirmé le 29 août 2014. Les experts envoyés par l'OMS ont travaillé en étroite collaboration avec le ministère de la santé, le personnel de Médecins Sans Frontières et du Center for Disease Control and Prevention, pour effectuer une recherche urgente des contacts. La présence de l'Institut Pasteur, centre collaborateur de l'OMS pour les arbovirus et les fièvres hémorragiques virales, a été un atout. Tous les contacts ont été suivis quotidiennement et ceux qui présentaient des symptômes immédiatement testés. L'OMS a déclaré le Sénégal exempt de transmission du virus Ebola le 17 octobre, soit 42 jours après les résultats négatifs du second test réalisé (Desclaux & Sow, 2015).
- 28 Six jours plus tard, le Mali confirme son premier cas d'Ebola, un enfant âgé de 2 ans provenant de Guinée. Une recherche massive des contacts a été entreprise et plusieurs contacts rapprochés ont été surveillés dans un établissement hospitalier. Globalement, 433 contacts ont été identifiés et suivis pendant la période d'incubation de 21 jours, 8 cas ont été confirmés parmi lesquels 6 sont décédées. Le 18 janvier 2015, l'OMS a déclaré la fin de l'épidémie d'Ebola au Mali. Durant les mois qui vont suivre, l'épidémie d'Ebola en Guinée, Sierra Leone et Libéria finira par être maîtrisée, et l'OMS annonce la fin de l'épidémie le 14 janvier 2016. L'heure est au bilan pour l'espace CEDEAO (**figure 8d**). Plusieurs constats peuvent dès lors être effectués : exceptées quelques divisions administratives de l'Ouest de la Guinée (centrée sur le Fouta Djallon), l'ensemble des territoires de la Guinée, de la Sierra Leone et du Libéria ont été touchés. Par ailleurs, la maladie ne s'est pas étendue à tous les pays frontaliers, puisque la Côte d'Ivoire et la Guinée-Bissau ont finalement été épargnés, contrairement au Mali et au Sénégal. La fermeture des frontières, longtemps sujettes à polémique, et certaines

mesures de prévention divulguées auprès des populations, auront semble-t-il été finalement efficaces puisque sur les 3 pays ayant annoncé la fermeture de leurs frontières, 2 ont été épargnés (Côte d'Ivoire, Guinée-Bissau) et un (Sénégal) touché de manière très superficielle. A ce propos, il faut préciser que même si certains pays n'ont pas affiché de cas d'Ebola, ils ont tout de même été concernés de manière plus indirecte par l'épidémie, comme par exemple en Côte d'Ivoire à travers l'interdiction de consommer de la viande de brousse (**figure 11**). Au 27 mars 2016, dans l'espace CEDEAO, l'épidémie d'Ebola aura atteint 28 639 personnes dont 11 322 sont décédées (**figure 12**). Il y a par ailleurs les décès liés à d'autres pathologies qui n'ont pu être prises en charge pendant l'épidémie comme le paludisme, et aussi la non application des vaccinations du PEV (Hamel & Slutsker, 2015). Cela a également été le cas pour la Trypanosomiase Humaine Africaine sur le littoral de Guinée (foyers de Boffa, de Dubréka et de Forécariah), puisque après l'arrêt des prospections médicales en 2014 et 2015 devenues impossibles du fait d'Ebola, la maladie affiche en 2016 des prévalences inquiétantes (Bucheton & Camara, Observ. Pers.).

Figure 11 : A- L'épidémie d'Ebola a considérablement modifié les habitudes alimentaires des ivoiriens, par interdiction des autorités sanitaires mais aussi par peur de la maladie. B- Coordination de la lutte contre Ebola, Conakry, Août 2015. Message de prévention sur un dos... C- Affiche de prévention du PNUD en direction des jeunes dans un centre de santé, Conakry, février 2016. D- Banderole de sensibilisation en direction des jeunes, Conakry, septembre 2015



Figure 12 : Bilan de l'épidémie Ebola dans l'espace CEDEAO



- 29 De plus, le bilan de l'épidémie d'Ebola ne se calcule pas qu'en nombre de morts. Les conséquences psychologiques, sociales et économiques des pays les plus durement touchés ont été dramatiques (**encadré 5**).

Encadré 5

Impact économique de l'épidémie d'Ebola sur les pays les plus touchés

« D'après les estimations de la Banque mondiale, le coût de cette nouvelle manifestation du virus Ebola en Afrique de l'Ouest se situerait entre 1,6 milliard et 25 milliards de dollars américains. De son côté, la Banque Africaine de Développement a prévu pour les trois Etats les plus affectés une baisse du produit intérieur brut (PIB) de l'ordre de 2 à 2,5 %. Ces prévisions traduisent le fort impact négatif que l'épidémie exerce sur les économies de ces pays. D'une part, la peur généralisée de l'infection a provoqué la désertion des districts ruraux les plus touchés, suscitant la pénurie de la main-d'œuvre paysanne et la perte de la production agricole ; la mise en quarantaine de régions entières a entravé le transport des produits agricoles et leur commercialisation ; la fermeture des frontières a eu pour effet de réduire les activités dans les ports et les marchés frontaliers, aggravant le chômage des populations urbaines ; la restriction des échanges transfrontaliers a occasionné la flambée des prix des produits importés. Selon le Programme alimentaire mondial (PAM) et l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), les perturbations occasionnées dans les marchés et les chaînes de transformation et de distribution des produits agro-alimentaires exposent près d'un million de personnes à l'insécurité alimentaire. D'autre part, la menace d'Ebola a amené les grandes firmes internationales à réduire leurs activités ou à geler leurs projets, notamment dans le vital secteur minier (ArcelorMittal, China Union, Rio Tinto, Vale), privant ainsi les trois Etats les plus affectés d'importantes ressources fiscales (plus de 2 milliards de dollars en 2014-2015). La crainte d'Ebola, qui a entraîné la suspension de la desserte de ces pays par la quasi-totalité des compagnies aériennes internationales, a aussi impacté les secteurs d'activités liés au tourisme ; ce dont témoigne le faible taux d'occupation des hôtels enregistré six mois après l'annonce officielle

de la flambée épidémique : 40 % en Guinée, 30 % au Libéria, 13 % en Sierra Leone. En affectant gravement le tourisme, l'isolement des trois pays les plus touchés par l'épidémie y a provoqué le tarissement de la principale source de devises étrangères ; ce qui contribue au creusement du déficit dans les finances publiques. Ce déficit budgétaire est estimé, au titre de l'année 2015, entre 100 millions et 130 millions de dollars en Sierra Leone et à 113 millions de dollars au Libéria ».Source : Loungou, 2015.

- 30 Plus récemment, et c'est une découverte faite grâce aux recherches effectuées dans le cadre du programme PostEboGui⁵, il a été mis en évidence la persistance du virus Ebola dans le sperme des survivants de l'épidémie jusqu'à 12 mois après guérison (Sow *et al.*, 2016). Ce phénomène, nouveau, doit bien entendu être sérieusement considéré dans le risque de réémergence d'Ebola. Il serait à l'origine de l'apparition de nouveaux cas à N'Zérékoré (9 cas) et à Macenta (1 cas) en Guinée et à Monrovia (3 cas) au Libéria. Au 5 mai 2016, les derniers patients connus atteints du virus Ébola au cours de la résurgence la plus récente de la maladie qui a frappé les deux pays ont maintenant quitté l'hôpital. Tous les contacts des cas confirmés qui avaient été placés sous surveillance médicale pendant 3 semaines ont été déclarés comme non contaminés. Afin de contenir la contagion, 1500 contacts et contacts des contacts ont été vaccinés en Guinée à l'aide d'un vaccin expérimental anti-Ébola. Un délai de 42 jours (deux fois la période d'incubation) doit s'écouler avant de pouvoir déclarer la fin de la flambée épidémique en Guinée et au Libéria. En Guinée, ce délai a échoué au 31 mai et au Libéria au 9 juin 2016 (OMS, 2016).

Discussion

- 31 Les espèces de chauve-souris identifiées comme étant le réservoir d'Ebola sont considérées comme communes et peu soumises au risque de disparition selon l'UICN. Elles couvrent de larges superficies correspondant principalement aux forêts d'Afrique intertropicale, ce qui permet de délimiter assez précisément la zone d'émergence possible du virus dans la population humaine. Si on considère que le passage du virus peut se faire directement de la chauve-souris à l'homme, sans besoin d'un hôte intermédiaire quelconque (chimpanzé, gorille etc.), Ebola a encore de beaux jours devant lui. En effet, les superficies caractérisées par la promiscuité entre les hommes et les chauves-souris augmentent chaque année, à la vitesse des dynamiques de peuplements et de déboisement. L'existence de fronts pionniers devrait également être considérée comme un facteur aggravant du risque d'émergence. Comme le montre les études effectuées dans le Parc National de Taï, Ebola est présent dans la forêt de Taï à l'intérieur d'une zone bien définie qui abrite des chimpanzés. Ainsi, à l'intérieur des aires potentielles d'Ebola (délimitées par la présence des chauves-souris réservoir du virus), se trouveraient des aires d'expression de la maladie, c'est-à-dire des aires où l'agencement des éléments du système pathogène, permettrait à la maladie de s'exprimer, tout d'abord chez les grands singes, puis chez les hommes. Les modifications paysagères subites, engendrées par un afflux de déplacés ou de réfugiés, entrent également dans ce cadre. L'exemple du village de Bossou est à ce titre illustratif. Sans doute l'ensemble des conditions n'était-il pas réuni pour permettre l'émergence d'une épidémie, mais cette augmentation démographique subite et la

pression anthropique qu'elle a engendrée a très clairement vulnérabilisé cet espace du point de vue épidémiologique (Van Dame, 1999).

- 32 De plus, le porc, animal d'élevage par excellence dans les zones forestières d'Afrique intertropicale, vivant avec l'homme dans les villages, est sujet à l'infection du virus Ebola (souche Zaïre) et il a été prouvé qu'une transmission entre porcs est possible (Kobinger, 2011). Cette découverte pose la question du possible passage du virus Ebola souche Zaïre à l'homme par contamination à partir du porc. La réponse à cette question est importante, car la probabilité pour qu'un porc puisse s'infecter en mangeant un fruit tombé par terre après avoir été souillé par une chauve-souris existe, notamment en pays Kissi où chauves-souris, hommes et porcs se côtoient dans la plupart des villages. Cette réalité zoonotique croissante d'Ebola a incité l'Organisation Mondiale sur la santé Animale⁶ (OIE) à rédiger une fiche sur Ebola (OIE, 2015).
- 33 L'apparition concomitante d'épidémies d'Ebola au même moment dans des pays différents, doit nous interpeller sur les facteurs globaux qui entrent en jeu dans les possibilités de transmission du virus au sein des animaux et de l'animal à l'homme (Bausch & Schwarz, 2014). De cette observation découle le fait qu'il faille considérer l'apparition d'une épidémie, où qu'elle se trouve, comme un signal d'alarme fort pour les régions hébergeant les espèces de chauve-souris réservoir du virus Ebola. Les épidémies touchant les Grands singes (chimpanzés, gorille) doivent et sont bien entendu prise en compte dans la surveillance d'Ebola. Le facteur climatique pourrait jouer un rôle majeur dans le déclenchement des épidémies d'Ebola, à travers par exemple des épisodes prolongés de sécheresse. Cette prolongation de la saison sèche, serait susceptible de provoquer une compétition forte entre les chimpanzés, les chauves-souris et les hommes, notamment pour l'accès aux fruits. Les chauves-souris étant immunodéprimées durant cette période (gestation, malnutrition), cela pourrait favoriser chez elles une réplication virale plus importante, et seraient donc plus contagieuses. Les chimpanzés seraient-ils susceptibles de varier leur régime alimentaire en ces temps de disettes, et manger des chauves-souris ? Une approche interdisciplinaire, incluant sciences biologiques, sciences médicales, sciences vétérinaires et sciences sociales, permettant la construction d'un Système d'Information Géographique, incorporant des données déterminantes (épidémiologiques, géographiques etc.) dans le fonctionnement du système pathogène d'Ebola, serait probablement d'une grande utilité pour tenter de mieux comprendre les facteurs favorables au déclenchement d'une épidémie. Il apparaît primordial et urgent de s'intéresser rapidement et spécifiquement à ces aspects à l'occasion de chaque épidémie, à l'exemple des travaux effectués par Gasquet (2010, 2016) sur les épidémies d'Ebola qui sont survenues au Gabon et en République du Congo.
- 34 Comme on a pu le constater lors de certaines épidémies Ebola en Afrique Centrale (Kiwit en RDC, Gulu en Ouganda etc.), mais de manière plus probante avec l'épidémie d'Ebola survenue dans l'espace CEDEAO, les épidémies d'Ebola ne sont plus l'apanage des zones rurales reculées et enclavées. Ce ne sont pas seulement des villes de tailles moyennes de plusieurs milliers d'habitants comme Guéckédou, N'Zerekore, Kailahun etc. qui ont abrité des foyers de transmission, mais aussi des capitales millionnaires (Conakry, Monrovia, Freetown, Lagos, Bamako), phénomène nouveau qui a rendu encore plus complexe la riposte sanitaire. Ce phénomène est à la fois particulièrement dangereux, puisqu'il offre à Ebola l'opportunité de se propager sur toute la planète, et utile car il a fait prendre conscience à la communauté internationale que Ebola n'est

pas et n'est plus que le problème de l'Afrique. Comme nous l'avons souligné dans l'introduction, l'Afrique de l'Ouest s'est urbanisée brutalement, mais le phénomène est loin de s'essouffler. En effet, d'après les projections des Nations-Unies, en 2050 la population urbaine de l'Afrique de l'Ouest devrait atteindre 510 millions d'individus, c'est-à-dire beaucoup plus que la population totale actuelle de la sous-région (350 millions d'habitants). Si les populations de *Pan troglodytes vellerosus* ne devraient plus constituer de grand risque en termes de transmission Ebola à l'homme, du fait d'une baisse de leur nombre et de la rétraction de leur aire de distribution, on ne peut pas en dire autant des chauves-souris. En effet, comme on a pu le voir, certaines espèces de chauve-souris (*Myonycteris torquata*, *Mops Condylurus*, *Eidolon helvum*) réservoirs du virus Ebola s'adaptent très bien aux villes. Cette situation est inquiétante car si l'épidémie Ebola qui a touché les villes a pu être circonscrite, difficilement certes, c'est bien parce que les services de santé étaient informés d'une épidémie d'Ebola en zone rurale, susceptible de se propager en direction de la ville. Qu'en serait-il si une transmission du virus s'effectuait directement d'une chauve-souris à un homme en plein cœur d'une capitale ? Combien de temps cela prendrait-il avant de se rendre compte qu'il s'agit d'Ebola ? Comment faire pour retrouver les cas contacts du « cas index » et des malades suivants ? Il est vrai que le personnel soignant des 3 pays (Guinée, Libéria, Sierra Leone) fortement touchés par l'épidémie d'ébola ont déjà acquis une forte expérience en terme de riposte, et ces pays bénéficient actuellement d'un système de surveillance épidémiologique, cependant ce n'est pas le cas de tous les pays de l'espace CEDEAO soumis au risque ébola. Dans tous les cas, les réponses à ces questions sont d'un enjeu qui dépasse le cadre de la santé publique, elles abordent des questions de sécurité nationale et des risques bio-terroristes, à l'image de la secte japonaise Aum Shinrikyo, qui en 1992, profitant d'une épidémie a tenté en vain de se procurer le virus Ebola (Berche, 2009). L'activité terroriste croissante dans l'espace CEDEAO (Aqmi, Mujao, Ansar Dine, Boko Haram, etc.) doit attirer notre attention sur cette question.

Conclusion

- 35 Ebola est présent dans l'espace CEDEAO depuis longtemps, comme nous l'indique les épidémies qui ont frappé les communautés de chimpanzés du Parc National de Taï et la primatologie contaminée en 1994. Les puissantes mutations spatiales orchestrées par la croissance démographique, les changements climatiques et le développement économique dans l'espace CEDEAO semblent avoir donné à Ebola, l'opportunité de passer de l'animal, probablement une chauve-souris, à l'homme. Au-delà de la nouveauté même de ce mal dans cette région, qui a mis plus de trois mois à être identifié, la production de systèmes géographiques spécifiques (densité de population élevée, intense mobilité des populations, zones frontalières) a été particulièrement favorable à la diffusion d'Ebola en pays Kissi, puis à sa propagation vers les capitales des 3 pays de l'Union du fleuve Mano touchés, avant d'atteindre d'autres pays. Cette réalité montre l'importance d'approfondir notre connaissance des mobilités humaines quotidiennes ou saisonnières, aux échelles pertinentes de fonctionnement d'un processus épidémique tel qu'Ebola. La géographie a son rôle à jouer dans l'explication du déclenchement, du développement et de la disparition de tel ou tel phénomène épidémiologique, à travers la mobilisation d'un vaste corpus de concepts et méthodes qui lui sont sinon propres, pour le moins familiers. Ainsi la production d'espaces à risques inscrits dans des dimensions temporelles multiples, l'inscription des lieux dans

des réseaux de relations et la productions de Hub jouant à la fois le rôle d'amplificateurs et de pôles redistributeurs du matériel biologique à travers la circulation des hommes, des animaux, des plantes et des biens, deviennent des éléments centraux de l'apport de la géographie à cette question centrale de la production du risque épidémique. En soulignant la dimension territoriale de l'expression du risque sanitaire, Ebola constitue le révélateur du fonctionnement d'une société multiple imprimant sa marque dans cet environnement forestier en pleine mutation. Cette géographie spécifique de l'émergence, diffusion/propagation, voire endémisation doit alors permettre d'identifier les leviers d'action pour une action préventive mais aussi fournir les arguments permettant un dialogue entre acteurs de la santé publique et acteurs de l'aménagement du territoire et du développement.

- 36 Les leçons tirées de l'épidémie survenue dans l'espace CEDEAO doivent permettre d'anticiper la détection et la dynamique spatiale des prochaines épidémies d'Ebola. En effet, les perspectives semblent malheureusement bonnes pour Ebola en Afrique subsaharienne, au vu des projections sur la population humaine et des capacités d'adaptation de certaines espèces de chauves-souris aux modifications environnementales. La prise de conscience par les autorités sanitaires internationales, régionales et nationales de cette hypothèse pessimiste, doit permettre d'organiser la riposte médicale et de l'adapter au contexte géographique dans lequel cette épidémie se situera. La création le 25 mai 2016 d'un nouveau programme OMS de gestion des situations d'urgence sanitaire, qui sera doté d'un budget de 494 millions de \$ (2016-2017), sera un outil bien précieux qui permettra un appui rapide, prévisible et complet aux pays et aux communautés qui se préparent à une situation d'urgence due à un risque quelconque pour la santé humaine, qu'il s'agisse d'une flambée épidémique, d'une catastrophe naturelle ou d'origine humaine.

BIBLIOGRAPHIE

- Cimetière Marfoki dans le district de Port Loko en Sierra Leone (CDC/ Teresa Roebuck, 2015)
- Construction d'une unité de traitement Ebola (ETU) en Guinée (CDC/ Dr. Heidi Soeters, 2014)
- Adakal H., Biguezoton A., Zoungrana S., Courtin F., De Clercq E.M., Madder M., (2013). Alarming spread of the Asian cattle tick *Rhipicephalus microplus* in West Africa-another three countries are affected : Burkina Faso, Mali and Togo, *Exp Appl Acarol*. Doi 10.1007/s10493-013-9706-6.
- Bausch D.G. & Schwarz L. (2014). Outbreak of Ebola virus disease in Guinea : where ecology meets economy. *Plos Negl Trop Dis* (8)7 : e3056.
- Bedford M., Ward A., Tatem J. D., Sousa N., Arinaminpathy J., Pépin D., Posada M., Peeters O. Pybus P., Lemey, (2014). The early spread and epidemic ignition of HIV-1 in human populations, *Science*, vol. 346 no. 6205 pp. 56-61. DOI : 10.1126/science.1256739
- Benda P., Aulagnier S., Hutson A.M., Amr Z.S., Kock D., Sharifi M., Karataş A., Mickleburgh S., Bergmans W., & Howell K., (2008). *Rousettus aegyptiacus*. The IUCN Red List of Threatened Species

- 2008 : e.T29730A9527058. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T29730A9527058.en>. Downloaded on 26 May 2016.
- Berche P., (2009). *L'histoire secrète des guerres biologiques. Mensonges et crimes d'Etat*. Robert Laffont, 241 p.
- Bidou J.E. et Touré J.G., (2002). La population de Guinée : Dynamiques spatiales. *Cahiers d'Outre-Mer*, 217, 9-30. <https://com.revues.org/1049>
- Courtin F. et Guengant J.-P., (2012). Un siècle de peuplement en Afrique de l'Ouest. *Natures, Sciences, Sociétés*, 19 (3), 256-265.
- Desclaux A. et Sow K., (2015). « Humaniser » les soins dans l'épidémie d'ébola ? Les tensions dans la gestion du Care et de la biosécurité dans le suivi des sujets contacts au Sénégal, *Anthropologie et santé*. DOI : 10.4000/anthropologiesante.1751.
- Formenty P., Boesch C., Wyers M., Steiner C., Donati F., Dind F., Walker F., Le Guenno B., (1999). Ebola Virus Outbreak among wild chimpanzees living in a rain forest of Côte d'Ivoire. *The journal of infectious disease*, 179, 120-126.
- Gasquet C., (2010). *Une géographie de la fièvre hémorragique à virus Ebola : représentations et réalités d'une maladie émergente au Gabon et en République du Congo*, Thèse de doctorat.
- Gasquet C., (2016). *Ebola, géographie d'une crise sanitaire, 1994-2005*, Presses Universitaires de Rennes, Coll. Géographie sociale, 227 p.
- Hamel M.J. & Slutsker L., (2015). Ebola : the hidden toll. *The lancet infectious disease*. DOI : 10.1016/S1473-3099(15)70167-2.
- Hutchinson M.P., Barry A., Brengues J.R.J., (1964). *La trypanosomiase dans les territoires Kissis et dans les régions frontalières limitrophes, en Guinée, Sierra Leone et Libéria*, Rapport de mission OCCGE.
- Kobinger G.P., (2011). Replication, pathogenicity, shedding, and transmission of Zaire ebola virus in pigs. *J. Infect. Dis.* 204, 200–208.
- Kormos R., Boesch C., Bakarr M.I., Butynski T.M., (2004). *Chimpanzés d'Afrique de l'Ouest : Etat de conservation et plan d'action*, Union mondiale pour la nature, UICN, 240 p.
- Lachenal G., (2015). Outbreak of unknown origin in the tripoint zone. *Limn, Issue number five : Ebola's ecologies*, <http://limn.it/outbreak-of-unknown-origin-in-the-tripoint-zone/>
- Le Guenno B., Formenty P., Wyers M., Gounon P., Walker F., Boesch C., (1995). Isolation and characterization of a new strain of Ebola. *The Lancet*. 345 :1271-1274.
- Leroy E., Rouquet P., Formenty P., Souquière S., Kilbourne A., Froment J.M., Bermejo M., Smit S., Karesh W., Swanepoel R., Zaki S.R., Rollin P.E., (2004). Multiple Ebola virus transmission events and rapid decline of central african wildlife. *Science*, 303 :387-390.
- Leroy E., Epelboin A., Mondonge V., Pourrut X., Gonzalez J.P., Muyembe-Tamfum J.J., Formenty P., (2009). Human Ebola Outbreak resulting from direct exposure to fruits bats in Lueba, Democratic Republic of Congo. *Vector-borne and zoonotic diseases*, Doi : 10.1089/vbz.2008.0167.
- Loungou S., (2015). L'épidémie d'Ebola en Afrique de l'Ouest : Une mise en perspective des répercussions démo-géographiques, politiques et économiques, *L'espace politique, Géopolitique et santé*, 26.
- Whitfield J., (2003). Ape populations decimated by hunting and Ebola virus. *Nature*. 422 :551.

- Mickleburgh S., Hutson A.M., Bergmans W. & Fahr J., (2008a). *Hypsignathus monstrosus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008a : e.T10734A3210540. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T10734A3210540.en>. Downloaded on 26 May 2016.
- Mickleburgh S., Hutson A.M., Bergmans W., Fahr J. & Juste J., (2008b). *Epomops franqueti*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008b : e.T7909A12865910. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T7909A12865910.en>. Downloaded on 26 May 2016.
- Mickleburgh S., Hutson A.M., Bergmans W. & Fahr J., (2008c). *Myonycteris torquata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008c : e.T14099A4390364. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T14099A4390364.en>. Downloaded on 26 May 2016.
- Mickleburgh S., Hutson A.M., Bergmans W. & Cotterill F.P.D., (2008d). *Mops condylurus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008d : e.T13838A4355738. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T13838A4355738.en>. Downloaded on 27 May 2016.
- Mickleburgh S., Hutson A.M., Bergmans W., Fahr J. & Racey P.A., (2008e). *Eidolon helvum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008e : e.T7084A12824968. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T7084A12824968.en>. Downloaded on 27 May 2016.
- OIE, (2015). *Ebola disease virus*. http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Media_Center/docs/pdf/Disease_cards/Ebola_fact_sheet_EN_Final.pdf
- OMS, (2014). *Tout a commencé en Guinée : l'épidémie a continué à couvrir, sans être détectée pendant plus de trois mois*. <http://www.who.int/csr/disease/ebola/ebola-6-months/guinea/fr/>
- OMS, (2015). Ebola maps. <http://www.who.int/csr/disease/ebola/maps/en/>
- OMS, (2015). Une année d'épidémie Ebola. <http://www.who.int/csr/disease/ebola/one-year-report/factors/fr/>
- OMS, (2016). *Maladie à virus Ebola, 26 mai, Rapport de situation*. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/208539/1/ebolasitre_26May2016_fre.pdf?ua=1
- ORSC, (1947). *Densité de population en Afrique Occidentale et Equatoriale*. <http://sphaera.cartographie.ird.fr/images/telechargement/03075.pdf>
- Paulme D., (1954). *Les gens du riz : les Kissi de Haute-Guinée*, Editions Plon, Paris, 324 p. <http://www.webguinee.net/bibliotheque/ethnographie/kisi/dpaulme/tm.html>
- Person Y., (1960). Soixante ans d'évolution en pays Kissi. *Cahiers d'études africaines*, vol. 1, n° 1, 86-112. http://www.persee.fr/doc/cea_0008-0055_1960_num_1_1_2942
- Picheral H., (1983). Complexes et systèmes pathogènes : approche géographique. In : *De l'épidémiologie à la géographie humaine*, CEGET, *travaux et documents de géographie tropicale* 48, 5-22.
- Prothero R.M., (1977). Disease and mobility : a neglected factor in epidemiology. *International journal of Epidemiology*, 6 (3), 259-267.
- Sow M., Etard J.F., Baize S., Magassouba N.F., Faye O., Msellati P., Touré A., Savane I, Barry M., Delaporte E., (2016). New Evidence of Long-lasting Persistence of Ebola Virus Genetic Material in Semen of Survivors. *Journal of Infectious Diseases*, 3 mai 2016. DOI : 10.1093/infdis/jiw078.
- UN, (2015). The World Population Prospects <https://esa.un.org/unpd/wpp/>
- WWF, (2016). http://wwf.panda.org/what_we_do/endangered_species/great_apes/chimpanzees/

NOTES

1. www.ecowas.int

2. Au vu des limites affichées par les approches conventionnelles sur les maladies infectieuses, la Société de conservation de la faune sauvage (WCS, Wildlife Conservation Society) a proposé, dès 2004, une approche cohérente, globale et préventive de protection de la santé humaine, initialement connue sous le nom One World-One Health, visant à renforcer les liens entre santé humaine, santé animale et gestion de l'environnement, en particulier de la biodiversité et des services fournis par les écosystèmes. Six organisations internationales de premier plan – l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE), le Fonds des Nations unies pour l'enfance (UNICEF), le bureau du Coordonnateur du système des Nations unies sur la grippe (UNSIC) et la Banque mondiale – ont élaboré un cadre de référence fondé sur ce concept en 2008.

3. http://www.asnom.org/media/Bulletin_128_Ebola_1976.pdf?PHPSESSID=609775da8e3e1b18f113beb7c261a00a

4. <http://manoriverunion.int/>

5. <https://postebogui.wordpress.com/>

6. <http://www.oie.int/>

RÉSUMÉS

L'espace CEDEAO subit de profondes mutations spatiales liées à une forte croissance démographique, au changement climatique et à une croissance économique exceptionnelle. Entre 1950 et 2015, cet espace a accueilli 280 millions nouveaux habitants, soit une moyenne de 4,3 millions nouveaux arrivants par an, parmi lesquels 2,4 millions nouveaux urbains et 1,9 millions nouveaux ruraux. Les dynamiques de peuplements impulsées par ces forces démographiques, climatiques et économiques, s'effectuent parfois en direction des terres neuves parmi lesquelles les espaces protégés. Ces derniers constituent des réserves de biodiversité qui hébergent des réservoirs de pathogènes et d'insectes vecteurs. L'homme, en exploitant ces nouveaux territoires, s'expose donc à la piqûre d'insectes vecteurs de maladies ou au contact d'animaux réservoirs de pathogènes, tel que le virus Ebola. Par la densification de sa présence et son extension spatiale généralisée, l'homme crée également de plus en plus de promiscuité avec les animaux sauvages. Dans l'espace CEDEAO, les chimpanzés et quelques espèces de chauve-souris semblent représenter le plus grand danger pour l'homme au regard du risque de transmission du virus Ebola. Cette étude replace l'épidémie d'Ebola survenue en 2013 en Guinée dans son contexte historique et panafricain. Puis, elle présente brièvement le rôle connu de la faune sauvage dans l'épidémiologie d'Ebola et de quelles manières les changements environnementaux opèrent sur les principaux réservoirs connus de ce virus. Ensuite, elle retrace les grandes lignes de l'évolution spatio-temporelle de l'épidémie d'Ebola survenue dans l'espace CEDEAO, en tentant de faire apparaître les tenants et les aboutissants géographiques de cette catastrophe épidémiologique.

ECOWAS space undergoes deep modifications related to population growth, climate change and economic development. Between 1950 and 2015, this space accommodated 280 million new

inhabitants, i.e. an average of 4.3 million new arrivals a year, among which 2.4 million new urban and 1.9 million new rural. The dynamics of settlements caused by these demographic, climatic and economic phenomena are most of the time carried out towards free lands, among which protected areas. The latter constitutes reserves of biodiversity but also a reservoir of pathogens and of insect vectors. Man, by exploiting these new territories, thus expose himself to the bite of an insect vectors of disease or to a contact with an animal reservoir of a pathogen, such as the Ebola virus. By the thickening of its presence and its generalized space extension, man also created more and more promiscuity with wild animals. In ECOWAS space, chimpanzees and some species of bats seem to represent the greatest danger to man taking into consideration transmission risk of the Ebola virus. This study sets the epidemic of Ebola that occurred in 2013 in Guinea into its historical and Panafrican context. Then, it briefly presents the acknowledged role of wildlife in the epidemiology of Ebola and in which ways the environmental changes operate on the known reservoir of this virus. At last, it reminds of the broad outlines of the space-time evolution of the epidemic of Ebola which occurred in ECOWAS space, while trying to reveal the geographical ins and outs of this epidemiological catastrophe.

INDEX

Mots-clés : géographie, histoire, densité de population, mobilité, diffusion, propagation, réservoir, Ebola

Keywords : geography, history, population density, mobility, diffusion, spread, reservoir, Ebola

AUTEURS

FABRICE COURTIN

UMR 177 IRD/CIRAD, Institut Pierre Richet (IPR) Bouaké, Côte d'Ivoire - [fabrice.courtin\(at\)ird.fr](mailto:fabrice.courtin(at)ird.fr)

PHILIPPE MSELLATI

URMITE IRD, Abidjan - [philippe.msellati\(at\)ird.fr](mailto:philippe.msellati(at)ird.fr)

PASCAL HANDSCHUMACHER

INSERM, IRD, SESSTIM, Sciences Economiques & Sociales de la Santé & Traitement de l'Information Médicale, Univ. Aix-Marseille - [pascal.handschumacher\(at\)ird.fr](mailto:pascal.handschumacher(at)ird.fr)

Observatoire Scientifique en Appui à la GEstion de la Santé sur un territoire (OSAGE-S)

Scientific Observatory Support to Management Health on territory (OSAGE-S)

Mireille Fargette, Roger Frutos, Aurélie Merlin, Patrice Ravel, Tri Baskoro Tunggul Satoto, Eka Andayani, Susi Damayanti, Guilhem Kister, Ngu Duy Nghia, Yannick Bardie, Emmanuel Cornillot, Christian Devaux, Catherine Moulia, Laurent Gavotte, Laurence Briant, Nathalie Chazal et Thérèse Libourel

Introduction

- 1 Les problématiques de santé qui ont toujours accompagné l'humanité sont devenues des enjeux majeurs dans le cadre de la mondialisation que nous vivons depuis quelques décennies. Quelles que soient les pathologies, transmissibles ou non transmissibles, l'environnement (depuis Hippocrate / IV^e siècle av. J.-C.), notamment dans sa dimension spatiale, est souvent au cœur des phénomènes et la prise en compte de cette dimension a revêtu des aspects divers au cours du temps, de la mise en place de mesures au niveau local (par exemple, la Charte de Mirepoix, 1303) à la volonté de coordination à l'échelle globale, par exemple, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Les populations humaines ont fait face à ces fléaux, avec plus ou moins d'efficacité et aussi d'intuition. Certains espaces étaient réputés malsains et le mal était alors souvent attribué à l'air et autres « vapeurs » ; ainsi les milieux palustres par exemple ont souvent occupé une place spéciale dans l'imaginaire collectif. On parlait de la fièvre des marais alors que ni le moustique et encore moins le *Plasmodium* n'étaient soupçonnés d'une quelconque intervention dans la « malaria ». Il ne fait pas bon non plus fréquenter certains marigots auxquels on associera peut-être confusément mais avec toutefois beaucoup de prescience, des affections sanitaires¹. Depuis les terribles épidémies de peste et choléra, les premiers « hommes de science » ainsi que les premiers « pouvoirs publics » ont pressenti l'importance des facteurs

environnementaux sur la propagation de certaines maladies au sein des populations. Aux époques où les sciences médicales n'existaient pas (ou si peu), le positionnement des lazarets à l'extérieur des murs, celui des léproseries dans des lieux reculés, la mise en quarantaine des vaisseaux suspects, le contrôle des mouvements des populations (voire leur interdiction avec la construction de murs dont le franchissement était interdit) sont autant de témoignages, dans les mémoires et les écrits, de mesures et tentatives de contrôle. Tous ces exemples intègrent une certaine notion du « spatial », qu'il s'agisse de nuancer la qualité de certains lieux (en particulier ceux connus pour être insalubres) ou qu'il s'agisse de saisir la propagation (dissémination) de lieu en lieu. Par des mesures de confinement, il s'agissait bien d'intervenir sur la transmission, phénomène systémique mais vécu de façon éminemment spatiale. Dans le monde contemporain, les pays et organismes (nationaux et internationaux) actuels disposent de moyens bien plus élaborés, qui interviennent sur des spectres d'action beaucoup plus diversifiés, de la connaissance scientifique aux technologies de pointe ; de la communication au large partage de l'information et de la connaissance. Dans un monde bien moins cloisonné qu'il ne l'était auparavant (rapidité des échanges et multiplicité des voies empruntées) les sociétés ont, de plus en plus, conscience des enjeux de santé et du besoin de coordination face aux risques sanitaires (épidémies, maladies émergentes) et mettent en œuvre diverses initiatives. Nous pouvons citer les données et statistiques de l'Observatoire Mondial de la Santé (GHO), les données et indicateurs fournis par la fédération nationale des observatoires régionaux de santé (FNORS) ainsi que l'initiative One Health (One Health).

- 2 Ces dernières années, en France, au niveau national, la notion de territoires de la santé a émergé, qui propose de greffer un nouveau zonage aux découpages administratifs classiques (nation, région, département, arrondissement, canton, commune). Partant de la définition de la géographie de la santé de Picheral (1985) *i.e.* « l'étude spatiale de la qualité de la santé des populations, de leurs comportements et des facteurs de leur environnement qui concourent à la promotion ou à la dégradation de leur santé », il s'agit d'être plus près des lieux de vie et de permettre la comparaison de ces territoires de santé entre eux. Il est fait référence aux territoires créés par une ordonnance du gouvernement (2003) en tant que zones géographiques définies à partir des besoins de santé de la population (question orale au Sénat, 2005). Enfin, soulignons la parution, sous l'égide de l'OMS, de l'Atlas de la santé et du climat (ATLAS), fruit de la collaboration exceptionnelle entre les spécialistes de la météorologie et de la santé. Il renferme d'importantes informations scientifiques sur les rapports entre le temps, le climat et les grands problèmes sanitaires, les maladies liées à la pauvreté, aux situations d'urgence créées par les phénomènes météorologiques extrêmes ou les flambées épidémiques, sans oublier la détérioration de l'environnement, la progression des maladies non transmissibles et le vieillissement général de la population.
- 3 Etant donné l'enjeu, que l'on veuille le considérer au niveau global comme à des niveaux plus locaux ou régionaux, les observatoires d'analyse et de suivi des questions de santé ont un rôle à jouer dans le dispositif, pour certains au plus près de la prise de décision, pour d'autres plus détachés de celle-ci et délivrant leur lot d'information.
- 4 Notre propos, dans ce contexte, sera double :
 - Tout d'abord, d'ordre épistémologique, il s'agit d'explicitier la formule « environnement - santé » qui, souvent utilisée de façon laconique et expéditive, recouvre forcément un champ polysémique.

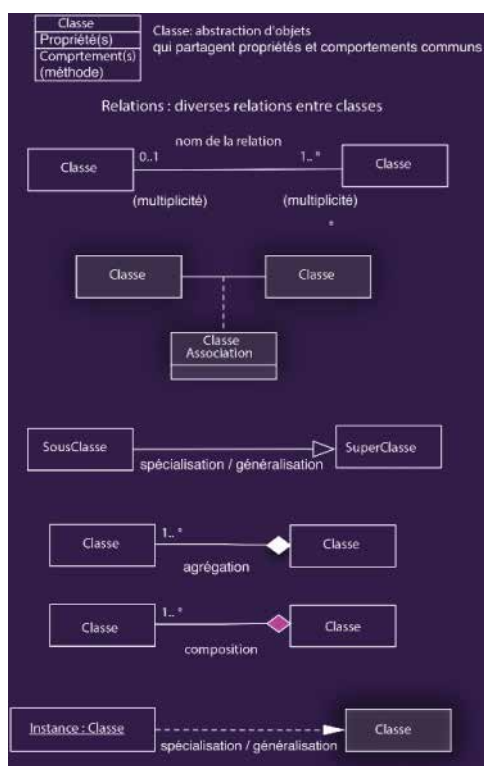
- Ensuite nous proposons, à partir de l'analyse des concepts sous-jacents à la notion d'environnement-santé, la mise en place du concept d'observatoire scientifique en appui à la gestion sanitaire, basé sur une réflexion multidisciplinaire et systémique.
- 5 Dans la section 2, nous décrivons rapidement la posture adoptée : approche orientée objet et le formalisme Unified Modeling Language (section 2.1) puis, plus longuement, les prémices de nos travaux déclinées, d'une part en conceptualisation et formalisation du concept de pathosystème et de son environnement (section 2.2), d'autre part en conceptualisation et formalisation du concept général d'observatoire scientifique en appui à la gestion du territoire (section 2.3). La section 3 sera dédiée à la formalisation de OSAGE-S déclinée à partir de la représentation de l'observatoire OSAGE (Loireau *et al.*, 2014). Nous proposerons ensuite (section 4) de passer le pas et d'entrer dans le dispositif scientifique de l'observatoire, en illustrant le cadre général à partir d'une étude de cas : mode d'organisation de la connaissance, de raisonnement et d'actions, d'acquisition ou d'analyse de données. La section 5 conclura notre propos.

Prémices et réflexions initiales

Approche modélisation objet : formalisme UML

- 6 Afin d'asseoir plus rigoureusement les diverses analyses, l'équipe pluridisciplinaire a décidé d'adopter l'approche modélisation objet ; celle-ci consiste à représenter les systèmes analysés grâce aux concepts d'objet, de classe et de relation. Les modèles sont alors traduits grâce au formalisme objet UML (Unified Modeling Language) que nous présentons brièvement.
- 7 UML est un formalisme de modélisation, résultat de la fusion de trois formalismes dédiés au génie logiciel et développés entre 1980 et 1995 par Booch, Rumbaugh et Jacobson (2005). Leur collaboration au sein de l'Object Management Group a abouti à un standard et un ensemble d'outils logiciels qui permettent d'analyser, de modéliser, et de représenter des systèmes suivant une approche objet.
- 8 L'usage d'UML s'est largement répandu car, de par sa polyvalence, il peut s'adapter à des domaines d'application très variés tout en restant aisément traduisible en code à des fins d'implantation informatique.
- 9 Dans sa version la plus récente, UML offre des notations graphiques spécifiques pour décliner les divers points de vue sous lesquels le système peut être analysé : point de vue fonctionnel, point de vue structurel, point de vue dynamique, point de vue architectural et point de vue implémentation.
- 10 Chaque point de vue peut être représenté par divers types de diagrammes. Pour notre propos, nous n'évoquerons que les modèles statiques. Les modèles statiques décrivent la structure du système, en termes de concepts et de relations (niveau abstrait diagrammes de classes) et d'objets et de liens (niveau concret diagramme d'objets).
- 11 Nous ne détaillons ici (**figure 1**) que la légende nécessaire à la compréhension des diagrammes de classes présentés ensuite au fil du développement.

Figure 1 : Légende des diagrammes de classes UML



Le pathosystème et son environnement

- 12 La formule « environnement-santé » est souvent utilisée en raison de sa brièveté ; le raccourci ainsi réalisé s'accompagne d'une simplification probablement abusive d'une réalité bien plus complexe et l'imprécision ainsi introduite peut ensuite induire biais, glissement de sens voire polysémie. Aussi explorerons-nous pour commencer l'expression et les concepts qui lui sont attachés (en quelque sorte encapsulés dans la formule), via les représentations des **figures 2a et 2b**. Ce faisant, nous déclinerons une description du pathosystème qui vaudra définition, par son environnement, son contenu avec un focus sur son interface interne-externe et enfin sa relation inhérente au Système de Santé.
- 13 Notre intérêt porte sur les maladies constatées chez l'homme (l'homme considéré ici en tant qu'être biologique et non agent sociétal), maladies qui affectent sa santé, et dont l'agent causal, biotique (*i.e.* agent infectieux ou parasite) ou abiotique (*e.g.* métaux lourds, etc.), se trouve initialement dans son environnement ; le terme environnement [a] est utilisé ici dans son acception la plus générique, *i.e.* tout ce qui est autour de l'homme, ce qui relève du monde qui l'entoure.
- 14 La notion d'environnement est polysémique ; elle peut être décrite comme ce qui est relatif au Système Terre, dans ses acceptions systémique, écologique, géographique. Au travers de ce prisme et en se référant au concept de système en général et à celui de pathosystème, les contenus des notions de pathosystème et d'environnement vont être précisés.

L'environnement

1. D'un point de vue systémique en général (**figure 2a**, partie en jaune), et dans une vision la plus générique possible, un système peut être simple ou complexe, un système complexe étant un agrégat de composants (systèmes simples ou complexes). Ce modèle induit une structure hiérarchique de composants. Au-delà de cette structure, le système a un fonctionnement et une dynamique qui décrit son historique.
- 15 Une définition systémique de l'environnement [b] d'un système lui attribue ce qui est à la fois extérieur au système-objet d'étude et en relation avec ce dernier.
- 16 Pour des besoins analytiques, on peut extraire d'un système, selon le point de vue [note : ce point de vue est porté par les humains et la question qu'ils se posent] de l'étude, deux compartiments, l'un relatif à l'entité analysée et l'autre à son complémentaire sur le Système (complémentaire en terme ensembliste.) Aucun des deux compartiments ainsi créé ne possède par obligation la propriété d'être système lui-même ; cependant, certains compartiments peuvent être reconnus comme tels.
 1. Dans le cas qui nous intéresse, un pathosystème est un système. Le pathosystème, système objet d'étude est lui-même plongé dans un système englobant, le Système Terre précédemment évoqué. Il s'agit d'une instance (**figure 2b**) de système complexe (**figure 2a**).
- 17 De nouvelles interprétations de l'environnement peuvent être données à l'aide de la représentation de la **figure 2b**.
- 18 La vision par compartiments scinde l'instance Système Terre en deux instances de compartiments, le compartiment objet d'étude, – il s'agit de l'instance 1 de pathosystème (PS1), et son complément (EnvPS1), calculé en terme ensembliste, sur le Système Terre. Certains considéreront en tant qu'environnement [c] du pathosystème les seuls sous-compartiments de EnvPS1 en stricte relation (pression, régulation) avec le pathosystème.
- 19 Etant donné le niveau de complexité du Système Terre (et donc celui des interactions / rétroactions qui l'organisent et le parcourent), il est possible de considérer qu'aucun compartiment (en l'occurrence ici les sous-compartiments de EnvPS1) n'est réellement indépendant des autres (sans interaction) et qu'ils trouvent leur seule pertinence au niveau global ou quasi global (système quasi parfaitement intégré). Dans ce cas l'environnement du pathosystème est le compartiment complémentaire ENvPS1 (environnement [d]), voire le Système Terre lui-même (environnement [e]).
- 20 Aussi l'environnement est-il souvent vu comme un système complexe plus englobant. On peut aussi le voir comme un ensemble de systèmes complexes, interagissant entre eux de façon complexe avec des niveaux de connexion diversifiés, structurellement imbriqués ou non les uns aux autres, et *in fine* constitués, pour un niveau de complexité donné (correspondant à l'échelle d'étude), de systèmes dits simples, *i.e.* formés d'éléments (abiotiques, biotiques et sociétaux) dans des combinaisons variables. De ces systèmes et en particulier de la diversité des modes d'organisation des sociétés, notre propos retiendra tout particulièrement a) le Système de Santé (celui-ci sera discuté dans le paragraphe Système de Santé, ci-dessous), quelle que soit la forme et la complexité qu'il revêt, b) les systèmes autres (ceux-ci seront discutés aux paragraphes Interface du pathosystème et Système de Santé), et ce seulement en ce qui relève de leur possible relation avec le pathosystème (définition [c] de l'environnement).
- 21 Par ailleurs, sans détailler plus ici, nous retiendrons de cette complexité :
 - que l'environnement est vaste et ouvert,

- qu'il peut être aussi considéré comme une hiérarchie de systèmes (**figure 2a**) ou l'agrégation de nombre de compartiments (**figure 2b**), plus ou moins complexes et composites, d'ordre « socio-éco-systémique »,
 - que la définition [c], la plus stricte, ne retient que les seuls composants interagissant avec le pathosystème ; il s'agit alors de sa définition fonctionnelle.
- 22 De ce point de vue fonctionnel et pour le pathosystème, ces composants environnementaux (parfois nommés aussi facteurs environnementaux), externes au pathosystème, exercent pression et régulation, qu'il s'agisse dans un premier temps de constater les atteintes d'une maladie sur une population, ou bien ensuite d'envisager sa gestion (nous verrons ceci plus précisément en **figures 3 et 7**).
1. D'un point de vue géographique (**figures 2 a et b**, couleur verte), les éco-socio-systèmes complexes, parties prenantes tels que précédemment décrits dans le Système Terre, s'implantent sur des espaces du globe. De la projection de l'activité systémique (fonctionnement de type écologique, de type organisation de société et de tous les niveaux d'imbrication des interactions adaptatives ou stabilisatrices des relations Société-Milieu) sur un espace géographique, naissent des zones géographiques occupées par des milieux plus ou moins anthropisés et des zones organisées en espaces territoriaux.
- 23 De même, l'environnement du pathosystème se matérialise aussi en espaces géographiques, sites et lieux pertinents pour le pathosystème, à la fois par les objets géographiques et l'organisation spatiale qu'ils présentent et par les propriétés systémiques de fonctionnement des systèmes auxquels ils se réfèrent. Il s'agit là encore d'une définition de l'environnement [f].
- 24 Dans ce contexte foisonnant, nous tentons une synthèse en proposant la définition suivante de l'environnement [g] : l'environnement du pathosystème (le pathosystème étant en gris dans les **figures 2a et b**) est constitué d'un agrégat de compartiments du Système Terre (**figure 2a**, en jaune) exerçant forçages, pressions et régulations sur le pathosystème. A cet environnement correspond aussi un agrégat de compartiments (zones géographiques, en vert) selon le point de vue alliant spatial et sociétal.

Le pathosystème

- 25 La complexité d'un système se constate à la fois par la complexité des niveaux d'organisation systémique (**figure 2a**, structure d'un système complexe) et par le nombre des disciplines auxquelles il fait appel pour en comprendre les mécanismes. En retour, la multidisciplinarité a pour effet la diffraction sémantique, ce que l'on constate par exemple pour les concepts d'environnement (ci-dessus) et de réservoir (ci-dessous), concepts se trouvant à la croisée de disciplines. Pour les mêmes raisons, en systémique le périmètre systémique de l'objet d'étude (*i.e.* la délimitation du système lui-même et de son environnement) pourra être questionné et discuté (cf. section Interface du pathosystème, ci-dessous).
- 26 Dans ce contexte, la **figure 2a** présente le pathosystème (en grisé) comme un système complexe, spécialisation d'écosystème. Ci-dessous sont mis en relation un certain nombre de concepts qui sont contenus dans son périmètre.
- 27 Le contact homme/agent pathogène peut conduire à l'acquisition par l'homme de l'agent pathogène. Autrement dit l'agent causal passe d'une source-réservoir (humaine ou non-humaine) à un homme ; autrement dit encore, il y a transmission de l'agent causal (que celui-ci se transmette ou soit transmis) ; on dira que l'homme est infecté ou

infesté par un agent biologique ou contaminé par un agent abiotique. La maladie peut apparaître à la suite de la transmission ; le concept est relatif à l'expression, au syndrome (ensemble des manifestations ou symptômes) causés, chez l'homme malade, par la contamination (qui induit intoxication, empoisonnement), ou l'infection (qui induit maladie infectieuse) et les développements qui s'en suivent. La maladie affecte la santé. Cependant, la maladie peut ne pas prendre place la suite de la transmission selon la dose infectante, les réactions immunitaires de l'organisme infecté ou la virulence du pathogène. Le porteur asymptomatique est cependant alors réservoir d'agent causal.

- 28 La transmission directe, à partir d'une source-réservoir vers l'humain, est :
 - de type contamination (contact ou ingestion) par un agent abiotique (*e.g.* métaux lourds à proximité de mines ou dans des cours d'eau) ;
 - de type infection par un agent biotique (*e.g.* bactéries causant la leptospirose, dans les eaux ou sols insalubres) ; on peut utiliser le terme « contagion », terme de médecine, pour qualifier certaines infections (*e.g.* grippe et virus grippal).
- 29 La transmission indirecte fait intervenir non seulement la notion de réservoir mais aussi celle de vecteur, celui-ci assurant une transmission active (*e.g.* la piqûre par le moustique *Aedes ægypti* pour l'unicellulaire *Plasmodium falciparum*, un agent causal de paludisme chez l'homme).
- 30 Dans le cas des maladies dites vectorielles, les sources-réservoirs sont constituées à la fois des populations humaines-porteuses, non-humaines-porteuses et vecteurs-porteurs, le vecteur jouant en règle générale mais pas systématique (par exemple la fièvre Zika) le rôle d'intermédiaire entre deux humains.
- 31 Dans le cas des maladies à transmission directe, une phase libre de l'agent causal peut exister, lors de la transmission, même si elle peut être très réduite dans le temps et l'espace.
- 32 Pour l'ensemble de ces maladies, la notion de réservoir, tout en appartenant à l'environnement de l'homme au sens large (environnement [a]), revêt des acceptions multiples :
 - dans le cadre du pathosystème c'est la source-réservoir de l'agent causal : selon la maladie, il peut s'agir de l'homme lui-mêmes, ou d'autres organismes appartenant au pathosystème et jouant un rôle dans le cycle de vie de l'agent causal, vecteurs et réservoirs animaux (hébergeant et souvent multipliant l'agent causal) ou encore des éléments biophysiques qui le contiennent (sol, eau par exemple) ;
 - fonctionnellement parlant, c'est par exemple la niche : celle de l'agent causal, de ses vecteurs ou réservoirs biologiques ; il s'agit de l'ensemble des conditions favorables au maintien et développement de l'agent causal (dans le cas où celui-ci est de nature biotique), que ces conditions soient « naturelles » ou bien le fait d'activités humaines qui induisent des conditions « propices » ;
 - dans le domaine de la géographique, c'est le lieu-réservoir : le concept de niche se matérialise dans le milieu selon le concept de lieu-réservoir ; il correspond à des zones de l'espace géographique, que celles-ci soient vues comme hébergeant un milieu plus ou moins anthropisé, ou considérées comme des compartiments d'ordre territorial et plus ou moins naturels ou anthropisés. Ainsi la composante sociétale a plus ou moins d'emprise sur lui ;
 - par suite, dans une acception socio-écologique (fonctionnement de société sur un territoire), des sites (appartenant à des compartiments territoriaux) peuvent gagner ce statut de lieu-réservoir du fait d'activités « contaminantes » (agent causal de nature abiotique). Par ailleurs, une maladie émergente provient souvent, au moins pour commencer, de la part non

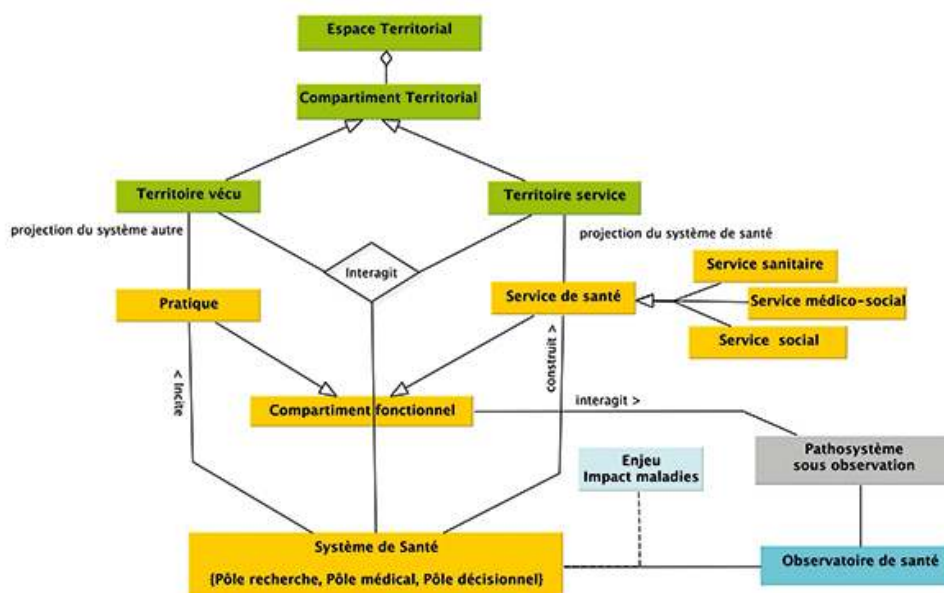
encore identifiée, encore inconnue en tant que source-réservoir, de l'environnement [a]². Elle correspond à une pathologie nouvellement caractérisée chez l'homme. Un compartiment où sévissent un ensemble de conditions favorables pourra être ensuite associé au nouvel agent causal, ou à son vecteur, ou son réservoir.

- 33 En résumé, lieu-réservoir, source-réservoir et niche sont autant d'interprétations du concept de réservoir entre le pathosystème au sens strict et son environnement.

Interface interne-externe du pathosystème

- 34 Pour le pathosystème tel que nous le concevons, les mécanismes (internes au pathosystème) à observer et comprendre s'adressent plus particulièrement aux pathologistes, aux biologistes, immunologistes, généticiens, épidémiologistes, aux évolutionnistes (spécificité et co-évolution)... L'entomologie et autres disciplines de la zoologie s'intéressent aux vecteurs et réservoirs biologiques ; elles sont à l'interface (interne-externe) du pathosystème et partagent avec les écologues le concept de niche et la dimension spatiale de l'expression des pressions et régulations avec les géographes. Les médecins cliniciens contribuent à ce vaste champ systémique et interdisciplinaire par le diagnostic qu'ils posent sur les sujets (patients) atteints.
- 35 Les sciences humaines et géographiques apportent l'incontournable dimension des sociétés. En effet, il a été noté en début que l'homme, dans le pathosystème est considéré comme un agent biologique affecté par le développement d'une maladie. Si les autres dimensions humaines ne sont en aucun cas négligées, elles ne sont pas situées à l'intérieur du pathosystème mais dans son environnement. Ainsi par exemple, le système de santé, qui s'intéresse, prend en charge, gère les questions de santé est-il considéré ici comme relevant de l'environnement du pathosystème. Il en est de même des systèmes dits autres en **figures 2a et 2b** ; ils seront discutés ci-dessous, dans le texte relatif à la **figure 3**.
- 36 Ainsi donc, l'homme, acteur de société, dans ses usages et pratiques, dans la connaissance qu'il construit et les sociétés qu'il organise, participe à d'autres systèmes complexes. Distingués ici pour leur capacité à agir (pression, régulation) sur le pathosystème, ces systèmes, à partir du domaine fonctionnel qui est le leur, rejoignent ce que Salem (1995) appelle, dans le domaine de la géographie de la santé, les faits de santé (« tout facteur jouant en un lieu sur l'état de santé de sa population »).

Figure 3 : Système de Santé et positionnement de l'Observatoire de Santé



Système de santé

- 37 En tant que compartiments territoriaux (relevant donc de la vision géographique), territoire de service et territoire vécu en **figure 3**, correspondent respectivement à la projection du système de santé et des systèmes autres de la vision systémique (**figure 2a**, en jaune). En un même lieu, peuvent donc se superposer les projections de plusieurs systèmes.
- 38 De l'ensemble des pratiques (systèmes autres), exercées par la société humaine dans ce compartiment territorial, on retiendra essentiellement celles qui impactent l'acquisition (contact suivi du succès de la transmission, cf. **figure 2a**) de l'agent et par suite le développement de la maladie. Au-delà des pratiques existantes, de nouvelles relations/interactions/pratiques peuvent se construire au sein des éco-socio-systèmes au sens large, qui en venant perturber un « ordre » préexistant peuvent induire des changements systémiques et des modifications dans la configuration des territoires concernés. A la faveur de tels événements, de nouveaux contacts entre compartiments auparavant isolés les uns des autres, peuvent être rendus possibles. De tels mécanismes sont parfois à l'origine de l'émergence de nouvelles maladies, ou de la réémergence de maladies connues mais qui n'étaient plus recensées en un lieu.
- 39 Dans le cas de maladies endémiques, des pratiques peuvent faciliter ce contact de façon récurrente et augmenter, voire représenter en soi, des facteurs propices ou au contraire entravant le contact.
- 40 Une dialectique (interaction) s'instaure, du point de vue fonctionnel, entre les pratiques (qu'elles soient à risque ou au contraire à des fins de prévention) et les services sanitaires, médicaux et médico-sociaux (proposés par la société au regard de ce pathosystème), que ceux-ci travaillent en amont (prévention) de l'acquisition d'une maladie ou en aval de sa déclaration (soins). Conséquence de cette dialectique, les décisions/actions de la société peuvent jouer un rôle de pression/régulation sur le pathosystème quand elles ont pour intention de jouer un rôle de levier en des points de

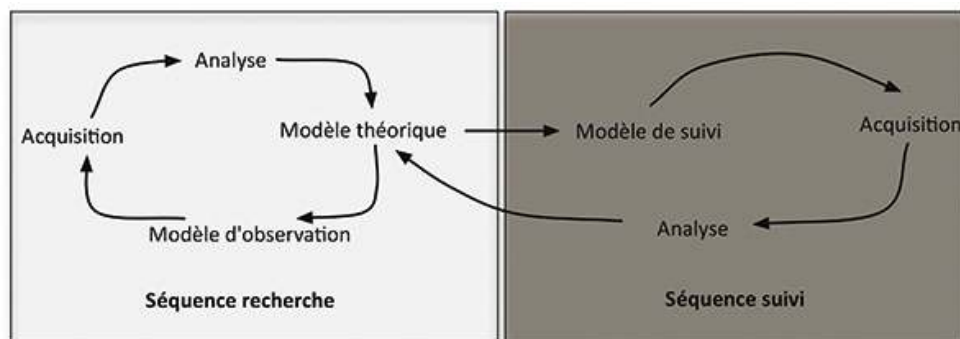
l'acquisition. Ceux-ci sont plus ou moins bien identifiés et parfois très ciblés. Les choix, les décisions relèvent du système de santé.

- 41 Ces facteurs environnementaux [i.e. conditions extérieures au pathosystème, créées par l'homme, résultant en pression, régulation] deviennent des faits de santé au sens de Salem (1995, textuellement cité plus haut) et sont aussi compris comme les « conditions conservées, générées ou entretenues par les pratiques spatiales et les modalités de gestion des espaces » de Handschumacher (2004). A ceci près qu'à l'action fortuite (positive ou négative pour l'acquisition) s'ajoutent l'action réfléchie, celle qui répond à un objectif de prévention de l'acquisition, puis celle qui prodigue/organise les soins aux patients atteints.
- 42 Du point de vue de la santé, il résulte des effets de cette dialectique l'impact résiduel de la maladie (c'est-à-dire celui subi par la population et que les services de santé n'ont pas pu/su prendre en charge).
- 43 Les **figures 2a et 3** rejoignent la vision « territoire de la santé » de Bourdillon (2005) selon laquelle la construction des territoires de santé s'appuie sur les territoires de service (desserte de la population) et les territoires vécus (les pratiques de la population, naissance, recours à l'hôpital, habitudes de vie, etc). Dans ce contexte, nous pouvons situer non seulement le système de santé, mais aussi ce que nous désignons par observatoire en appui à la gestion de la santé.
- 44 La mission du système de santé est de mettre en adéquation (interaction) les deux compartiments territoriaux. La gouvernance (pôle décisionnel du système de santé) a pour objectif de contrôler/de minimiser au mieux l'impact de la maladie, que cela soit, du point de vue fonctionnel, en incitant de « bonnes » pratiques (prévention) ou en construisant les services utiles au soin et à l'accompagnement des malades. Dans le système de santé peuvent exister divers « pôles », chacun comptant du personnel et comportant une organisation : le pôle médical, le pôle recherche et le pôle décisionnel. Là où Salem (1998) précise que pour les géographes de la santé, le terme de territoire devrait être restreint aux formes de contrôle social d'un espace, le système de santé tel que présenté en figure 3 est l'organe de contrôle de l'espace territorial en ce qui concerne une question de santé.
- 45 Une nouvelle fois l'environnement, tel que nous le proposons sous cette autre configuration (environnement [h]), est en capacité d'intervenir sur le pathosystème ; il s'agit là de l'intervention de la société, telle qu'elle est organisée, sur l'environnement du pathosystème : l'environnement systémique et l'espace territorial (**figure 3**, en jaune et en vert, respectivement).
- 46 Nous répondons donc à notre premier objectif, par les représentations des **figures 2a, 2b et 3** et leurs explicitations textuelles, où la formule « environnement-santé », souvent utilisée de façon un peu lapidaire, est analysée.
- 47 De plus, l'enjeu sur l'intensité de l'impact de la maladie, justifie et peut engendrer la création d'un observatoire en appui à la gestion de la santé. Les trois concepts protagonistes dans ce travail, environnement, santé, observatoire, sont ainsi campés.

Les réflexions initiales autour d'Observatoire Scientifique en Appui à la GEstion du territoire (OSAGE)

- 48 Dans un contexte de gestion territoriale, des réflexions que nous avons déjà menées (Loireau *et al.*, 2014) définissent ce que nous attendons d'un dispositif que nous avons dénommé OSAGE (Observatoire Scientifique en Appui à la GEstion du Territoire). Ce dispositif se différencie de la notion initiale de Système d'Information³ (Reix, 2002) et de la forme canonique Observation, Information, Décision (Le Moigne, 1999).
- 49 Comme cela a déjà été souligné, aborder un problème complexe nécessite une approche globale, pluridisciplinaire et intégrée. Cet aspect intégratif se décline en recherche par une approche pluridisciplinaire mais aussi en abordant la problématique à différents niveaux, biologiques, sociologiques, géographiques de complexité et d'interaction (compartiments d'échelles et d'ordre de complexité divers : génome, populations, écosystèmes, etc.). D'autre part, il est aussi important de développer des outils informatiques dédiés, capables de réaliser l'intégration de ces différents types de concepts et de données dans des analyses globales.
- 50 Il s'agit donc, en fait, de mettre à disposition de scientifiques, issus de domaines différents et convaincus de l'apport de leur interdisciplinarité, un dispositif sous-jacent au cycle traditionnel de l'approche expérimentale, dans ses deux volets, recherche et suivi (**figure 4**).

Figure 4 : Séquences recherche et suivi dans le cycle de vie de l'observatoire OSAGE



- 51 Autour d'une question d'intérêt sociétal, les membres du dispositif, en collaboration, retranscrivent grâce à leur connaissance, la problématique posée en questions scientifiques, émettent des hypothèses et proposent des modèles théoriques qui déterminent les protocoles d'observation⁴ (modèle d'observation) à partir desquels les vérifications stabilisent ou infirment les hypothèses. Le (ou les) modèles retenus après cette phase recherche produise(nt) des indicateurs, qui sont alors soumis à suivi (selon un modèle de suivi) toujours dans l'optique de valider ou d'infléchir les modèles théoriques initiaux. La rigueur du formalisme UML seconde la rigueur de la démarche scientifique interdisciplinaire et anticipe/facilite la phase d'implémentation et d'automatisation qui finalise un « observatoire OSAGE opérationnel ».
- 52 La **figure 5** présente la vision globale d'un observatoire de type OSAGE, la **figure 6**, une description détaillée de son dispositif scientifique.

Figure 5 : Structure générale de l'Observatoire Scientifique en Appui à la GEstion des territoires (OSAGE) - formalisme UML (Les notes en rouge seront rediscutées en section 3)

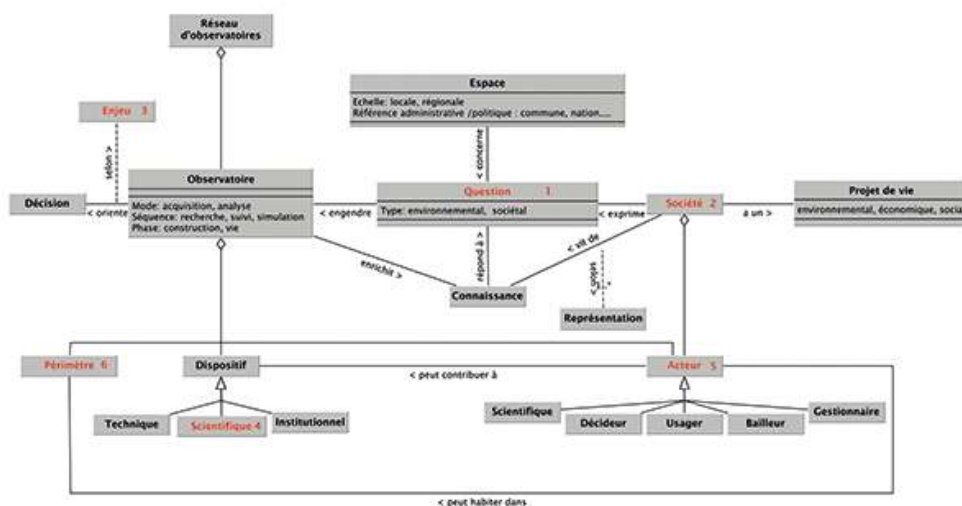
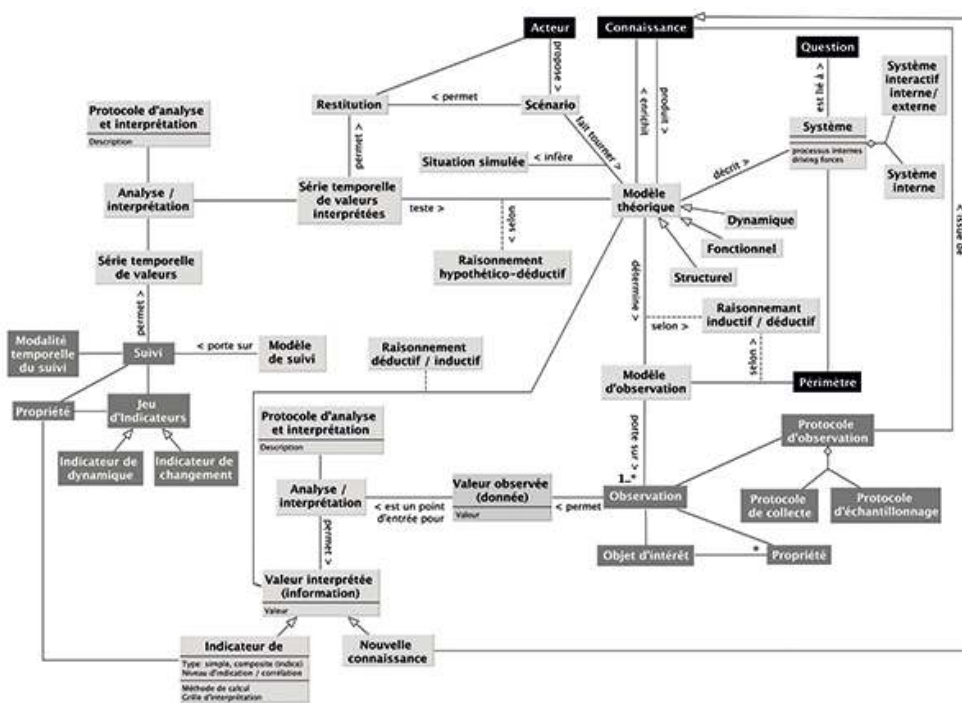


Figure 6 : Structure du dispositif scientifique d'un observatoire OSAGE



- 53 Non seulement la démarche en interdisciplinarité est clarifiée pour chacun des points
de vue disciplinaires mais le formalisme d'une part, le potentiel des outils
informatiques d'autre part, peuvent conduire, à terme (finalisation opérationnelle), à
certaines automatisations de tâches/actions ainsi discutées et établies.
- 54 Tout naturellement, nous avons pensé que ce genre de dispositif pouvait être adapté au
contexte « environnement-santé ».
- 55 OSAGE-S : Observatoire Scientifique en Appui à la GEstion de la Santé sur un territoire
- 56 En revisitant les **figures 4, 5 et 6**, nous présentons comment OSAGE se décline en
OSAGE-S tout en gardant ses termes de généricité.

57 La société peut faire face à des problèmes de santé, qui nécessitent l'acquisition de nouvelles connaissances ou la recherche d'une meilleure adéquation des actions envisagées au niveau décisionnel et de la connaissance scientifique, ou à des problèmes d'ordre sanitaire, qui se situent au niveau de l'implémentation des décisions et des difficultés que cela peut éventuellement soulever. Etant donnée la question de santé (**figure 5**, point 1 en rouge), que la société, via son système de santé, entend mieux documenter pour se donner les moyens d'une gestion plus efficace, l'observatoire de santé répond au contexte sociétal en enrichissant et structurant la connaissance, celle existant au préalable et celle acquise lors des activités de l'observatoire (activité de recherche ou de suivi spatio-temporel). Par l'éclairage ainsi apporté, il orientera la décision dont l'enjeu est, pour une maladie donnée, d'en minorer l'impact sur les populations humaines. Toutefois, ni la décision, ni les actions de gestion ne prennent place au sein de l'observatoire ; le système de santé, tel que décrit plus haut, avec lequel l'observatoire communique directement à propos de l'enjeu, est à la fois le lieu de société (point 2) où sont formulées les questions et le lieu de prise de décision. L'enjeu (point 3) est donc vu de deux points de vue différents :

- celui du système de santé : enjeu décisionnel ; à propos d'une maladie dont on souhaite minimiser l'impact, il s'agit d'avoir accès aux données permettant d'opter pour les décisions les mieux adaptées à la situation ;
 - celui de l'observatoire : enjeu scientifique (point 4) ; à propos d'un pathosystème, il s'agit d'acquérir données et connaissance pour documenter au mieux, selon une interprétation fonctionnelle, les contextes biologique, pathologique, épidémiologique, écologique, géographique et « environnemental ». L'interdisciplinarité y est de mise ; outre les sciences biologiques et médicales, les sciences de la terre et de la vie, les sciences humaines et sociales, les statisticiens, modélisateurs et informaticiens sont aussi de la partie.
- 58 Si le contenu de la notion même de système de santé est variable avec les pays (selon les exigences des politiques publiques et les moyens alloués) et selon le types d'affection à gérer, le concept de l'observatoire en appui à la gestion de la santé relève, quant à lui, d'un modèle générique (valable pour tous) relatif à la qualité de ses critères d'acquisition de connaissance, de raisonnement, aux circonstances / raisons / motifs qui induisent l'alternance de ses activités au long de son cycle de vie (Loireau *et al.*, 2014 et **figure 4**) : recherche, suivi, voire simulation. En s'appuyant sur les mêmes modèles de protocoles et de raisonnements, il est générique tout en restant modulable, ce qui le rend applicable en des situations très diverses. Ce faisant, l'observatoire pourra répondre de façon adaptée au système de santé avec lequel il dialogue. Ainsi, le système de santé reste libre de ses décisions et actions, l'observatoire ayant pour vocation de lui fournir la meilleure connaissance de la situation (état et évolution). Réciproquement, en ce qui concerne ses actions, l'observatoire est indépendant du système de santé sauf pour l'énoncé de la question de santé qui engendre l'observatoire. Celle-ci, au moment où elle « passe le pas » de l'observatoire est d'ailleurs revisitée pour en faire une question de recherche/suivi, conforme aux raisonnements et protocoles mis en place dans les dispositifs scientifique (**figure 4**) et technique de l'observatoire. Ainsi, même si des représentants des pôles (scientifique, médical et décisionnel) du système de santé sont bien évidemment présents en tant qu'acteurs de l'observatoire (**figure 5**, point 5) leur double appartenance ne peut pas modifier le fonctionnement de l'observatoire et sa gouvernance, ou du moins le peut dans le seul cadre des statuts de l'observatoire (un travail spécifique doit approfondir la réflexion sur le mode de fonctionnement de la gouvernance de l'observatoire OSAGE). Une particularité, même si elle n'est pas

strictement spécifique au seul domaine de la santé, peut être la présence d'un comité d'éthique reconnu à part entière dans le dispositif institutionnel (**figure 5**, point 6) qui veillera, au moment de l'élaboration de l'ensemble des protocoles mis en œuvre dans l'observatoire, au respect de la déontologie, des réglementations et déclarations internationales relevant du domaine de la santé (justice, confidentialité et respect de la vie privée...).

- 59 La mission (en interne) de l'observatoire de santé est donc avant tout, particulièrement dans le cas d'enjeux complexes, de mettre en relation les connaissances de champs disciplinaires divers pour rendre possible ensuite ses actions scientifiques (recherche, suivi, **figure 4**). Elle se situe aux confins de la recherche et de la « recherche-action » où alternent séquences de recherche et séquences de suivi à propos d'une question évolutive (changements globaux, suivi des effets des politiques publiques). Les activités de l'observatoire s'adaptent : le nombre et les interactions entre les disciplines impliquées dans la démarche pourront changer au long de la vie de l'observatoire ; de même l'objet d'étude s'adaptera et le modèle théorique de référence pourra voir sa composition modifiée.
- 60 Le propre de l'observatoire est donc avant tout de coordonner les différentes visions de l'environnement précédemment détaillées quant au pathosystème, tout spécialement :
 - celle campant (**figures 2a et 2b**) le pathosystème dans son environnement et concevant, par sa projection théorique sur un espace géographique, la zone concernée par le système à l'œuvre : il s'agit des contextes fonctionnels (*i.e.* d'ordre systémique) et géographiques ;
 - celle qualifiant les lieux en analysant (**figure 3**) non seulement la salubrité des milieux mais aussi la qualité, en terme sanitaire, des conditions de vie et pratiques dans ces milieux de vie, celles-ci pouvant avoir un effet direct, positif ou négatif, sur l'état de santé des populations : il s'agit du contexte territorial mais aussi des contextes opérationnel et décisionnel (sur le fond de propriétés fonctionnelle et géographique détaillées plus haut).
- 61 La question posée est rapportée à un espace initial, caractérisé par une extension plus ou moins réduite. Cependant le système qui lui est attaché peut faire appel à un espace bien plus large. L'observatoire opère sur un périmètre (**figure 5**, point 7) donné qui doit être cohérent avec la problématique. Aussi peut-il être parfois nécessaire d'appeler la contribution d'un réseau d'observatoires.
- 62 De plus, il doit être tenu compte, dans l'observatoire, des échelles propres à chacun des points de vue et opérer les changements d'échelle nécessaires ; et ce tout particulièrement au moment d'un changement de séquences ou d'activité dans le cycle de vie de l'observatoire et du transfert de connaissance de la recherche à la prise de décision. Il est certain qu'une attention particulière doit être portée au jeu d'échelle des processus (par exemple la propagation d'une maladie vectorielle s'appréhende tantôt au niveau global, tantôt au niveau local) au moment d'une prise de décision (organismes internationaux de santé, politique de santé régionale ou nationale). De façon pragmatique, au moment de la définition des espaces, il semble important de tenir compte certes du pathosystème mais aussi de la réalité de la vie quotidienne des populations. De façon pragmatique toujours, il faudra s'interroger sur la coïncidence spatiale des territoires « vécus » (espaces occupés où sont développées l'ensemble des us et pratiques) et « de service » (où s'appliquent les conseils de prévention pour les usagers et la prise en charge des malades) avec le périmètre de l'observatoire ou bien de la représentativité de celui-ci en matière territoriale (cohérence du suivi et des prises de décision ultérieures par le système de santé).

- 63 Enfin, c'est au moment de son implantation, en cohérence avec la question scientifique et le système (pathosystème) qui lui est lié (**figures 5 et 6**), que le concept d'observatoire se trouve décliné en instance et implémenté dans un contexte géographique donné : son identité relève à la fois :
- du pathosystème étudié, des questions afférentes au pathosystème et à la maladie, de la zone concernée par le système à l'œuvre,
 - du lieu d'implantation (géo-référencement), périmètre et appartenance à un réseau d'observatoires.
- 64 Un observatoire en appui à la gestion de la santé, en sa qualité d'objet géographique géo-référencé, possède des propriétés spatiales et des caractéristiques géographiques héritées de son lieu d'implantation et de la connaissance qui y a été acquise.

Illustration autour d'une étude de cas

- 65 Dans une étude de cas, la maladie liée à l'infection par le virus Chikungunya en Indonésie, nous illustrerons certains aspects du dispositif scientifique de la **figure 6**.
- 66 Il s'agit d'une étude conduite en collaboration par des équipes françaises et indonésiennes, pour laquelle les concepts décrits dans OSAGE-S ont été appliqués.
- 67 Dans cette étude de cas et étant donnés ses objectifs (cf. a), une représentation du pathosystème (cf. b) a été réalisée ; le modèle d'observation (cf. c) a ensuite guidé la collecte des données nécessaires ; enfin un modèle de simulation (cf. d) a été mis en œuvre pour étudier l'impact de la maladie sur la population (en termes d'acquisition de la maladie) selon divers *scenarii* de contrôle.

Objectifs

- 68 Considérant la situation particulière de l'Indonésie, l'étude consistait :
- à analyser les divers facteurs environnementaux en zone périurbaine au sud-est de la ville de Yogyakarta (**figure 7**) et en zone rurale, dans la région de Sukoharjo (**figure 8**) afin d'identifier et d'intégrer les facteurs de diffusion du virus Chikungunya, de mieux rendre compte de sa dynamique réelle, de la recréer en simulation afin d'entraîner le modèle en vue de l'évaluation de scénarii de gestion et contrôle,
 - de confronter et valider les premières versions des modèles avec des situations concrètes et des données réelles en période d'épidémie (**figure 9**). Cette étape de validation en situation réelle est une étape préalable obligatoire au développement d'outils de modélisation pour éviter une virtualisation non souhaitable du modèle.

Figure 7 (A, B, C) : Environnement périurbain (RT42 de Yogyakarta)





Figure 8 (A, B) : Environnement rural (RT03 de Sukoharjo)



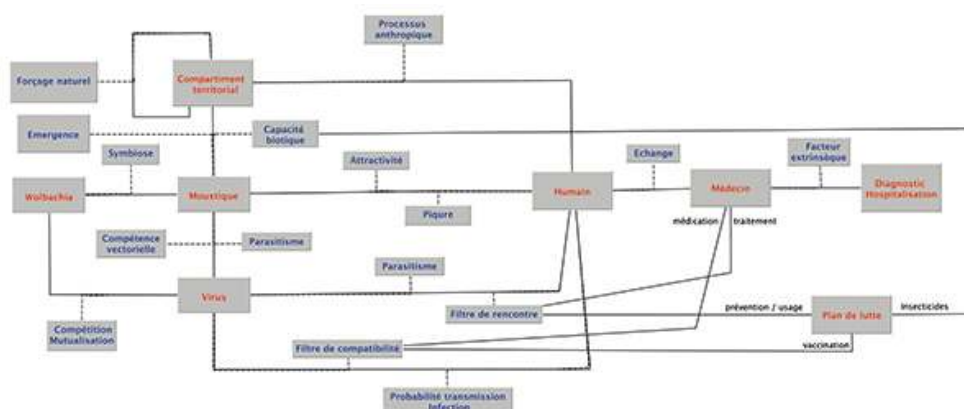
Figure 9 : Enquête épidémiologique



Modèle théorique représentant le pathosystème spécifique

- 69 Le modèle théorique sous-jacent aux objectifs précédents est décrit selon l'approche objet. Le diagramme d'interactions (**figure 10**) décrit le pathosystème d'un point de vue fonctionnel, *i.e.* la capacité de circulation de l'agent pathogène entre compartiments et sa capacité de multiplication. C'est là que sont aussi identifiées les interactions sujettes aux pressions / régulations de l'environnement (y compris les actions du système de santé), telles qu'on les a posées en I-2. Les classes d'objets (dont le triptyque fondamental du pathosystème, sans lequel il n'y a pas maladie : l'homme, le moustique, le virus) y sont représentées en rouge et celles réifiant les interactions, en bleu.

Figure 10 : Diagramme d'interactions



70 La première étape obligatoire dans la dissémination d'une maladie est le contact. Un moustique, essentiellement *Aedes aegypti* ou *Aedes albopictus*, naïf peut acquérir le virus du chikungunya (agent causal) à partir d'un humain infecté (il s'agit en ce cas d'une première source de dissémination de l'agent causal, telle que présentée en figure 2a), ou bien à partir d'un hôte primate non-humain (*e.g.* singe). Il s'agit là d'une émergence primaire, c'est-à-dire une zoonose, le passage d'un hôte non-humain à un hôte humain. Un moustique infecté (en général dénommé vecteur mais qui est en fait l'hôte invertébré) peut transmettre le virus à un humain naïf (il s'agit là d'une deuxième source de dissémination de l'agent causal). Du point de vue biologique, le vecteur n'existe pas. Il y a simplement des hôtes vertébrés (humain et non-humain) et des hôtes invertébrés. La transmission est d'une part liée au comportement alimentaire de l'hôte invertébré qui est hématophage et va donc activement rechercher des hôtes vertébrés et permettre une transmission directe de l'agent causal dans la circulation sanguine de l'hôte vertébré. Il s'agit là d'une première dimension de la dynamique générale de la maladie. La seconde dimension de cette dynamique générale est liée directement ou indirectement à l'hôte humain qui par son comportement va :

1. faciliter la présence de moustiques (création d'habitats favorables, résistance aux insecticides),
2. permettre le transport de moustiques sur de longues distances (transport de marchandises),
3. amener des patients en phase virémique, c'est à dire infectieuse, au contact de moustiques (comportement sociétal et médical),
4. favoriser la proximité d'hôtes humains et non-humains (déforestation, urbanisation, tourisme).

71 Le facteur climatique (changement climatique, réchauffement, aléas climatiques) contribue également à cette dynamique générale en augmentant ou en restreignant l'aire de distribution de certaines populations/espèces de moustiques. Les facteurs écologiques interviennent également de façon fort logique. Lorsque qu'une niche écologique est occupée par des populations autochtones de moustiques, il est plus difficile pour des populations exogènes d'occuper cette niche. A l'inverse, une niche écologique vide du fait de l'action humaine facilite l'installation de populations exogènes de moustiques et l'importation de nouvelles maladies. Le meilleur exemple de ce cas de figure est l'émergence rapide de la dengue en Amérique Latine suite aux campagnes de démoustication pour éradiquer la fièvre jaune. Ces différents éléments concourent, de façon variable en fonction du contexte, à l'établissement du contact. S'il est primordial, le contact ne permet pas à lui seul l'émergence ou la diffusion d'une maladie. Il faut également qu'il y ait une compatibilité, c'est-à-dire que la physiologie des hôtes permette à l'agent causal de s'installer, se multiplier et se diffuser à d'autres hôtes (cycle infectieux). C'est ce que Combes (1995) a qualifié d'ouverture du filtre de compatibilité. Ce deuxième élément clé est de nature purement biologique. Il faut enfin un troisième élément déterminant : l'établissement. Il faut que la maladie puisse rapidement se diffuser à un nombre important d'hôtes pour dépasser le simple stade d'émergence sporadique qui est par nature stochastique et éphémère. Ce troisième élément est de nature purement sociétale et est directement lié au comportement humain et au fonctionnement des sociétés humaines. Cette action humaine (processus anthropiques), qu'elle soit fortuite ou au contraire délibérée, induit directement ou indirectement des pressions qui, en modulant certaines interactions modifient *in fine* la dynamique d'une maladie et son impact sur les populations et la société. Par exemple le

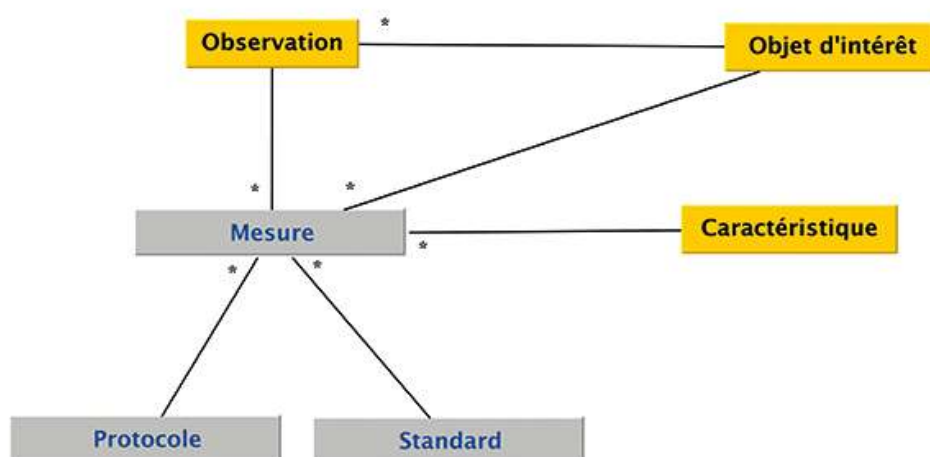
corps médical pourra traiter, voire hospitaliser et isoler les malades pendant la phase virémique ou au contraire renvoyer les personnes virémiques dans leurs foyers. L'impact d'une telle décision peut être majeur sur la dynamique de diffusion de la maladie. Les autorités peuvent décider, ou pas, de conduire des campagnes de démostication dont l'effet dépend directement de la façon dont elle est conduite. Une campagne de démostication massive peut se révéler au moins aussi néfaste qu'une absence de démostication. Enfin, des facteurs extrinsèques (extérieurs au système) peuvent également intervenir comme par exemple la diffusion d'informations par les médias (alertant la population sur l'épidémie en cours, rendant éventuellement les individus plus vigilants). Tous ces éléments indiquent qu'une réaction efficace à une maladie émergente relève de la gestion et non de la lutte et de la tentative d'éradication du fait de l'existence de nombreux effets pervers d'actions *a priori* positivement orientées. Tout cela pointe vers la nécessité d'une approche holistique et d'une modélisation du système en préalable à l'action. Ce premier diagramme descriptif est en conséquence essentiel mais il demeure encore statique du fait de son haut niveau d'abstraction ; il peut être complété si nécessaire par des diagrammes plus représentatifs de la dynamique comme un diagramme d'états ou un diagramme de séquences, ces diagrammes aidant à la mise au point d'un modèle mathématique prenant en compte la dynamique de fonctionnement du pathosystème.

Modèle d'observation

- 72 Une étape cruciale est celle de l'entraînement et de la validation du modèle à partir des données réelles. Dans le cas d'étude présenté ici, il était nécessaire de :
- collecter et structurer des données (GPS, géographiques, démographiques, épidémiologiques, cliniques, environnementales, entomologiques),
 - collecter des échantillons (moustiques, sang) en zone d'épidémie sur l'île de Java (Indonésie), sur lesquels mener *a posteriori* un ensemble d'analyses et collectes de données.
- 73 L'acquisition a été planifiée et exécutée en suivant le modèle d'observation (ensemble de protocoles d'échantillonnage et de collecte, cf. **figure 6**) en se référant au standard préconisé pour les observations scientifiques environnementales : OBOE (Madin *et al.* 2007) (**figure 11**).
- 74 Plusieurs types de données ont été collectés selon ces préconisations.
- 75 Par exemple, la classe objet d'intérêt « moustique du genre *Aedes* » est représentée par un échantillon d'individus de moustique [c'est-à-dire un jeu d'instances], sur chacun desquels sont effectuées, selon les protocoles et standards établis, capture, observations et mesures : date de la capture [jour/mois/année/heure/minute] ; géo-référencement du point de capture par mesure GPS [latitude et longitude selon le référentiel WGS84] ; mode de capture et donc stade [larve, adulte] capturé ; nom de genre *Aedes* [travail d'entomologie, se référant aux caractéristiques morphologiques, à la description du genre et à la systématique de cette famille d'insectes] ; identification de l'espèce *A. ægypti* ou *A. albopictus* et sous-espèces (populations) [test effectué sur le stade femelle, par génotypage (PCR avec amorces spécifiques, séquençage et comparaison à des séquences références)] ; présence ou absence et typage de souche virale [test effectué sur stade femelle par analyse moléculaire (PCR avec amorces spécifiques, séquençage et comparaison à séquences références)].
- 76 L'objet d'intérêt « zone d'étude », dans ses caractéristiques environnementales au sens large et spatiales, a été renseigné à la fois par des observations de terrain et *via* des

images aériennes au sens large (de la photographie aérienne à l'image satellitaire ; ici, une source Google Earth).

Figure 11 : Standard OBOE pour les observations scientifiques environnementales



Modèle de simulation

- 77 A partir des étapes de modélisation de la propagation du virus décrits précédemment (**figure 10**), les principaux aspects relatifs à la dynamique d'émergence et de propagation du Chikungunya ont été pris en compte pour construire un modèle multi-agents. Ce modèle a été développé sur la plateforme Netlogo. Ce logiciel permet de réaliser via le paradigme multi-agents des simulations de systèmes complexes où l'hétérogénéité d'une population, les interactions locales et les interactions adaptatives sont prises en compte pour décrire le système (Thièle *et al.*, 2011). Dans notre cas, Netlogo offre la possibilité de générer des simulations numériques de la dynamique vectorielle du virus en fonction des paramètres décrits dans la formalisation UML (**figures 2, 3 et 10**). L'approche multi-agents est bien adaptée au problème traité à différentes échelles environnementales. En effet les données éthologiques des vecteurs et réservoirs (moustiques, hommes...), les informations relatives au virus, à la zone géographique étudiée, les aspects socio-écologiques... ont été intégrés dans ce modèle.
- 78 A partir d'un langage de scripts propre à Netlogo, il est possible de définir des agents (virus, humains, larves, animaux, milieux...) vus comme des entités ayant leurs règles de fonctionnement propre. Les relations existantes entre ces objets (**figure 10**) obéissent aussi à des règles que l'utilisateur peut définir. Ces règles peuvent prendre la forme de lois de probabilités ou de règles déterministes.
- 79 Par exemple, elles sont ici implémentées :
- pour la composition de la population initiale de l'agent moustique (son aire d'extension, son espèce ou sous-espèce (population), le statut infecté [oui, non] au temps origine),
 - pour les aspects biologiques de la vexion (les modalités de déplacement du moustique, les règles de contamination et de transmission du virus par le moustique, la durée de vie du moustique, le nombre de repas sanguins...).
 - ou encore pour la composante épidémiologique. Cette composante, complexe, nécessite d'analyser en détail la progression réelle de la maladie dans les zones étudiées afin

d'apporter au modèle les éléments d'entraînement nécessaires. Ceci est réalisé à partir d'enquêtes de terrain, d'entretiens avec les habitants et de relevés topographiques précis. L'objectif est de recréer la dynamique réelle à partir du cas index (le patient zéro ou premier cas de l'épidémie), des dates et localisation GPS des cas suivants mais aussi en prenant en compte la topographie du lieu, la localisation exacte des habitations et des points d'eau et conteneurs, localisation des jardins et des rues, la démographie, les activités sociales et professionnelles déplacements, les lieux d'infection potentiels, les « souvenirs » de piqures (la pique d'un moustique exogène induit en général une réaction plus violente que celles des populations locales), localisation des personnes virémiques, etc. Toutes ces données seront entrées dans le modèle pour ensuite recréer par simulation la dynamique qui a été observée sur le terrain (phase d'entraînement du modèle).

- 80 La plateforme Netlogo autorise également la prise en compte de données géomatiques (**figure 12**).

Figure 12 : Simulation Netlogo, localisation géographique des sites étudiés

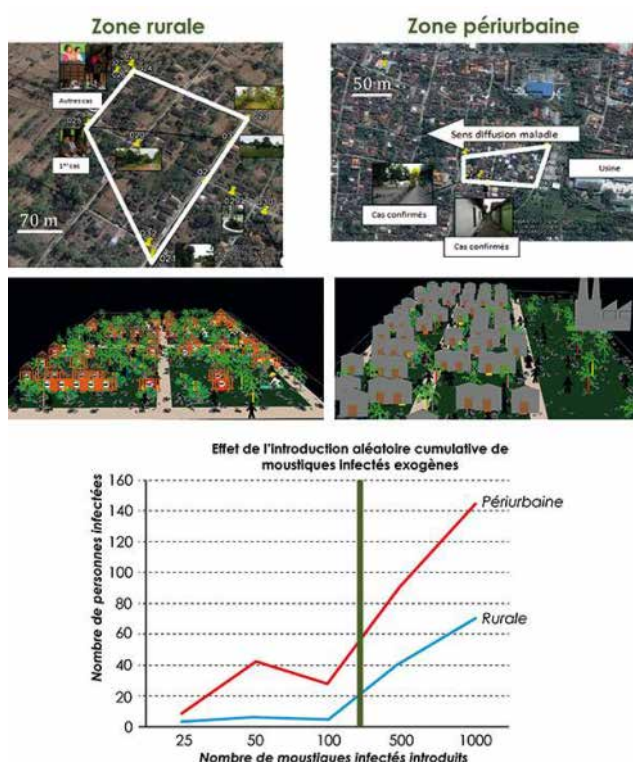


- 81 Différentes métriques ou variables de contrôle sont introduites afin de suivre au cours du temps l'évolution de l'épidémie : (nombre et localisation des humains infectés, nombres de moustiques infectés...). Par exemple, deux scénarii sont présentés en **figure 12** et **figure 13**, sur deux zones d'études : l'une rurale et la seconde périurbaine. Ces scénarii ont été réalisés après avoir entraîné le modèle en recréant la dynamique réellement observée. Sous leurs aspects socio-écologiques et géographiques, ces zones réelles de 4 km² ont été modélisées sur la plateforme de simulation. Par exemple, en introduisant de manière aléatoire un nombre N de moustiques infectés exogènes, la simulation montre que le nombre de personnes infectées est significativement supérieur pour un environnement périurbain.
- 82 Les nombreuses simulations ont aidé à déterminer les variables pertinentes et leurs valeurs critiques intervenant dans la modélisation de la propagation de l'épidémie, puis ont permis de comparer ces résultats aux données observées sur le terrain. Il a été également possible de simuler l'impact de la politique de lutte contre les réservoirs de moustiques sur l'intensité de l'épidémie.
- 83 Le virus n'est pas présent de façon permanente dans la région d'étude. Contrairement au virus de la dengue, la transmission verticale du virus du chikungunya n'a jamais été démontrée et en conséquence toute nouvelle épidémie de chikungunya apparaissant après la période de virémie du dernier cas humain chronologique résulte d'une

nouvelle introduction. A l'issue de cette période de virémie estimée à un maximum d'un mois, les individus sont immunologiquement protégés et résistants. L'allure sporadique et migrante constatée des épidémies résulte de ce processus d'introduction répétée du virus et de résistance acquise. Cette introduction peut prendre plusieurs formes. Un moustique exogène peut être introduit passivement dans la zone et piquer des hommes ; puis une population locale de moustiques peut acquérir et diffuser le virus. Cette introduction du virus peut également se faire par contamination d'humains à l'extérieur de la zone comme cela a pu être établi pour une des zones rurales que nous avons étudiées. Nous avons pu observer que le nombre de moustiques infectés présents dans les zones étudiées doit dépasser un seuil pour que l'épidémie démarre. Il est intéressant de noter que le seuil de déclenchement de l'épidémie était supérieur en zone périurbaine. Ceci suggère que la densité de population humaine est moins importante pour le déclenchement de l'épidémie que les conditions d'habitat optimales des moustiques et donc de densité de population de moustiques. En zone rurale, la plus faible densité de population humaine est compensée par l'augmentation du nombre de gîtes pour les moustiques. Nous avons également retrouvé les impacts attendus des différentes stratégies de lutte en fonction des territoires.

- 84 Des solutions concrètes peuvent être envisagées au regard de cette étude. En effet, il apparaît de façon très claire que l'absence de prise en charge de la maladie par le système de santé peut être vue comme un facteur aggravant de l'épidémie. Cette absence de prise en charge est due au fait qu'elle est considérée comme non-prioritaire, car non-mortelle, par les autorités de santé. Les patients virémiques sont directement renvoyés chez eux et peuvent donc transmettre le virus. Par ailleurs, nous avons pu établir une dynamique d'importation de moustiques liée à la présence, à proximité des zones d'études, d'usines de meubles et de vêtements impliquées dans l'importation et la transformation de bois et de textiles. Ces fabriques sont donc en lien avec une circulation intense de conteneurs. Ces usines sont aussi des zones d'échange de personnes qui favorisent la venue de personnes infectées dans les zones étudiées. Une partie des habitants travaillent dans ces usines comme ouvriers ou, en zone rurale, vendent des produits alimentaires, plats préparés, fruits et légumes, aux employés des usines et se trouvent donc à proximité des zones de transit des conteneurs pendant la période d'activité des moustiques *Aedes* qui sont diurnes. Dans le cas des objets en bois, un flux intense de conteneurs existe entre Sukoharjo, Bali, l'ouest de Kalimantan (Bornéo) et le nord des Sulawesis (Manado) qui sont tous des points majeurs de prévalence du Chikungunya. Ce flux intense est à même d'apporter un nombre suffisant de moustiques infectés. Les personnes infectées peuvent ensuite rapporter le virus au village où des populations locales de moustiques peuvent prendre le relais de transmission. La situation décrite ici est celle correspondant au cas index dans le RT03 de Sukoharjo, telle que montrée par l'enquête épidémiologique. Des mesures ciblées peuvent donc être envisagées pour maîtriser l'épidémie à partir de ces outils de simulation mais à condition 1) de limiter l'étude, la simulation et l'application au niveau de la communauté (village, quartier). Le système est trop complexe au-delà et un pays ou une province n'est autre, de ce point de vue, qu'une somme de communautés. Le changement d'échelle peut se faire ensuite. La communauté est également le niveau auquel toute application de directives ou recommandations se fera. 2) d'impliquer les différents acteurs de la société ce qui là aussi est beaucoup plus réaliste au niveau de la communauté.

Figure 13 : Simulation Netlogo, interface et exemple de résultats en zone rurale et urbaine



Conclusion et perspectives

- 85 La proposition que nous venons de développer et de partiellement illustrer ici s'appuie sur une réflexion déjà existante en sciences environnementales et gestion de territoire.
- 86 Notre intérêt porte tout particulièrement sur la généricité, elle-même parfois rendue difficile par la nature fortement interdisciplinaire du travail mais dans le même temps condition *sine qua non* de son succès ; intégration interdisciplinaire et généricité représentent une valeur ajoutée. Un cadre générique pour le concept d'observatoire comme pour les dispositifs scientifique, technique ou institutionnel n'interdit en rien la spécialisation du modèle afin de répondre au mieux à la situation et au questionnement scientifique. La réflexion sur le lien « environnement - espace », doublée ici de celle sur le lien « environnement-santé » est en ce sens nécessaire pour passer des aspects fonctionnels aux situations de terrain et contextes géographiques qui sont les objets d'étude des observatoires. La projection spatiale des systèmes est une façon de passer de leur fonctionnement théorique à leur implémentation concrète ; réciproquement, les caractéristiques spatiales sont des composantes/facteurs (contraintes ou facilitateurs) du fonctionnement des systèmes de type écologique ou biologique.
- 87 La généricité du contexte environnemental et de la notion d'observatoire OSAGE-S développés ci-dessus est effective pour les pathologies liées directement à l'environnement, qu'elles aient une origine biotique (maladies transmissibles) ou abiotique (contamination). La proposition semble généralisable non seulement à toute maladie humaine comportant une composante environnementale mais aussi aux maladies vétérinaires de même type. L'approche d'OSAGE-S s'inscrit pleinement dans le concept One Health. De plus, certaines maladies humaines, d'ordre physiologique,

psychologique, génétique pourraient aussi être prises en compte car l'environnement sociétal y joue un rôle important. D'ailleurs certains observatoires (par exemple les ORS en France) s'intéressent d'ores et déjà à de telles maladies (maladies physiologiques et qualité de l'eau, pollutions de l'air, les maladies professionnelles, les déterminants sociaux de certaines maladies...). En tant que déclinaison du concept générique OSAGE, OSAGE-S est en capacité de s'intéresser aux questions d'environnement social. Dans ce contexte d'environnement social, les divers aspects intervenant dans la notion de bien-être (Stiglitz *et al.*, 2008), peuvent être considérés : conditions de vie matérielle, santé au sens strict, éducation, participation à la vie politique et à la gouvernance, activités individuelles, travail, rapports sociaux, insécurité économique ou physique et bien entendu l'environnement. En matière de gestion de l'espace et des territoires, la proposition OSAGE-S offre un cadre théorique et méthodologique. Il peut contribuer dans le même temps à la mise en place de réseaux d'observatoires partageant à la fois l'assise théorique et le type de dispositif technique (plateforme informatique) (Loireau *et al.*, 2014) utilisant des protocoles et des services standardisés.

- 88 Le propre d'un observatoire est avant tout d'être un dispositif à la fois pérenne et flexible, capable de s'adapter rapidement à une nouvelle problématique. La généralité permet de mettre en place les outils et approches qui sont communs à toutes les problématiques, tout en acceptant une adaptation de l'activité d'observation au long du « cycle de vie » : l'alternance est possible entre des phases de suivi au sens strict et des phases de recherche, celles-ci permettant l'enrichissement de la connaissance et l'amélioration de l'information produite. Cette adaptabilité doit aussi permettre de répondre à l'actualité et aux nouveaux besoins ou enjeux tels que la société les perçoit ou les vit :
- le cas des maladies émergentes et de nouveaux risques potentiels est un phénomène récurrent. L'épidémie de fièvre Zika en est une nouvelle preuve si besoin était ;
 - les changements de pratiques au sein des sociétés, qu'il s'agisse de modifications des conditions de vie locales ou globales comme par exemple la mondialisation des échanges, de l'économie ou le changement climatique, induisent aussi de nouveaux contextes et risques.
- 89 De plus, dans un travail encore en cours sur la gouvernance de l'observatoire, il est conçu une participation plus active des acteurs de l'aide à la décision, avec des échanges scientifiques-décideurs plus harmonisés.
- 90 Enfin, cette notion d'observatoire s'accorde bien avec, soit une approche « bottom up » qui, à partir de la vision parcellaire locale, peut servir à une vision nationale, internationale voire mondiale, soit une approche « top down », et donc à une meilleure intégration, seule réponse à la complexité des systèmes.

BIBLIOGRAPHIE

ATLAS : Atlas de la santé et du climat. <http://www.who.int/globalchange/publications/atals/report/fr>

Booch G., Rumbaugh J. & Jacobson I., (2005). *Unified Modeling Language User Guide*, The, 2nd Edition. Addison-Wesley Professional. Object Technology Series.

Bourdillon F., (2005). Les territoires de la santé, maillon clé de l'organisation sanitaire. *Revue française d'administration publique*, 2005/1 (n° 113) : 139 – 145. <http://www.cairn.info/revue-francaise-d-administration-publique-2005-1-page-139.htm>

Charte de Mirepoix (1303). <http://www.histoire-pour-tous.fr/dossiers/95-moyen-age/4538-les-regles-sanitaires-de-la-viande-au-moyen-age.html> ; <http://belcikowski.org/ladormeuseblogue/?p=2067>

Combes C., (1995). *Interactions durables : écologie et évolution du parasitisme*. Masson, Paris. 524 p.

FNORS : Fédération Nationale des Observatoires Régionaux de Santé. <http://www.fnors.org>

GHO : Observatoire Mondial de la Santé. <http://www.who.int/gho/fr/>

Handschumacher P. et Hervouët J-P., (2004). Des systèmes pathogènes à la santé publique : une nouvelle dimension pour la géographie de la santé tropicale. *Autrepart* (29) : 47-63.

Le Moigne J.-L., (1999). *La modélisation des systèmes complexes*. Dunod, Paris, 1999. 177 p.

Loireau M., Fargette M., Desconnets J-C., Mougenot I. et Libourel T., (2014). Observatoire Scientifique en Appui à la Gestion du territoire (OSAGE) : entre espaces, temps, milieux, sociétés et informatique. *Actes du colloque SAGEO*, 27-29 nov 2014, 14 p.

Madin J., Bowers S., Shildhauer M., Krivov S., Pennington D., Villa F., (2007). An ontology for describing and synthesizing ecological observation data. *Ecological Informatics*, 2 : 279-296, 2007.OMS (1946). *Actes officiels de l'Organisation mondiale de la Santé*, n° 2, p. 100

OMS : Organisation Mondiale de la Santé. <http://www.who.int/>

One Health : <http://www.onehealthinitiative.com/index.php>

Peste : <http://www.biusante.parisdescartes.fr/histmed/medica/peste.htm>

Picheral H., (1985). *Mots et concepts de la géographie de la santé*. Cah. Géos.2.

Salem G., (1995). Géographie de la santé, santé de la géographie. *Espaces, populations, sociétés*, 1995-1. La géographie de la santé en question : 25-30. doi : 10.3406/espos.1995.1667

Salem G., (1998). *La santé dans la ville. Géographie d'un petit espace dense : Pikine (Sénégal)*, Eds Karthala, ORSTOM.

Thiele I., Hyduke D. R., Steeb B., Fankam G., Allen D. K., Bazzani S., ... & Bumann D., (2011). A community effort towards a knowledge-base and mathematical model of the human pathogen *Salmonella Typhimurium* LT2. *BMC systems biology*, 5(1), 8.

Reix R., (2002). *Systèmes d'information et management des organisations*. In : Faire de la recherche en Systèmes d'information, chapitre 19, pp. 333-349, Vuibert, 4^e édition, Paris.

Stiglitz J. E., Sen A. & Fitoussi J.-P., (2008). *Rapport de la Commission sur la mesure des performances économiques et du progrès social*. www.stiglitz-sen-fitoussi.fr

NOTES

1. Par exemple, la bilharziose qui est directement inféodée aux eaux stagnantes et qui a eu des impacts connus depuis l'Antiquité (Egypte).

2. Il peut ensuite aussi exister des maladies dites re-émergentes.

3. « Un ensemble organisé de ressources (personnel, données, procédures, matériel, logiciel...) permettant d'acquérir, de stocker, de structurer et de communiquer des informations... au sein d'organisations ».
 4. « C'est la théorie qui décide de ce que nous devons observer ». Albert Einstein.
-

RÉSUMÉS

Dans le contexte « environnement-santé », l'équipe interdisciplinaire (biologistes, médecins, épidémiologistes, modélisateurs, écologues, géographes, informaticiens) qui travaille sur la dynamique de maladies infectieuses dans le Sud-Est asiatique, propose de mettre en commun la connaissance qu'elle a des agents biologiques pathogènes et des processus qui interviennent dans les milieux et les sociétés et de partager expériences de terrain, de laboratoire, clinique pour aborder les questions de recherche, de suivi des maladies et de gestion de la santé. Pour ce faire, l'idée d'une plateforme intégrative a été avancée et nous a permis de décliner la proposition de mise en œuvre d'un Observatoire Scientifique en Appui à la GEstion de la Santé sur un territoire (OSAGE-S). Les prémices de ce travail sont d'une part d'ordre générique et épistémologique : ils explicitent formellement la formule « environnement-santé » pour y positionner le pathosystème, l'environnement et l'observatoire ; d'autre part d'ordre opérationnel par explicitation du concept d'observatoire en appui à la gestion de la Santé. Par la suite nous illustrerons nos propos autour d'OSAGE-S, à partir d'une étude de cas, la maladie du Chikungunya en Indonésie.

Within the "Health and Environment" framework, a group of scientists in disciplinary fields as diverse as biology, medical sciences, modelling, ecology, geography, computer sciences, are collaborating to study the dynamics of infectious diseases in Southeast Asia. In this paper they propose to pool their knowledge on biological pathogens, environment and societies and to share their field, laboratory and clinical expertise to address questions on research, disease monitoring and health management. An integrative platform has been suggested and organised in order to implement a Scientific Observatory (OSAGE-S), dedicated to supporting Health Management in a Territory. The first part of this work addresses generic and epistemological questions, formally explicits the formula "Health and Environment" in order to relate it to concepts such as « pathological system », « environment » and « observatory » ; the second part relates to further operational issues for the observatory concept dedicated to the support of Health management. Thereafter we illustrate our proposition with a case study, the Chikungunya disease in Indonesia.

INDEX

Mots-clés : modélisation objet, systémique, pathosystème, environnement, système de santé

Keywords : object models, systemics, pathological system, environment, health system

AUTEURS

MIREILLE FARGETTE

IRD, UMR228 Espace-Dev (IRD-UM-UAG-ULR), Montpellier, France - mireille.fargette(at)ird.fr

ROGER FRUTOS

Institut d'Electronique et des Systèmes – UMR 5214 (CNRS-UM), Montpellier, France - roger.frutos(at)umontpellier.fr ; Intertryp, UMR 17, CIRAD, Montpellier, France

AURÉLIE MERLIN

IRD, UMR228 Espace-Dev (IRD-UM-UAG-ULR), Montpellier, France - mireille.fargette(at)ird.fr, 13 ; UMR INRA-Oniris Biologie, Épidémiologie et Analyse de Risque en santé animale (BioEPA), Nantes, France

PATRICE RAVEL

Institut de Recherche en Cancérologie de Montpellier (U1194), Montpellier, France

TRI BASKORO TUNGGUL SATOTO

Center for Tropical Medicine, Faculty of Medicine, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia

EKA ANDAYANI

Sukoharjo Regency Health Center, Center of Java, Sukoharjo, Indonesia

SUSI DAMAYANTI

Center for Tropical Medicine, Faculty of Medicine, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia

GUILHEM KISTER

Institut de Recherche en Cancérologie de Montpellier (U1194), Montpellier, France

NGU DUY NGHIA

National Institute of Hygiene and Epidemiology, 1 Pho Yersin, Hanoi, Vietnam

YANNICK BARDIE

Voutes SAS – Intelligence in Life, Montpellier, France

EMMANUEL CORNILLLOT

Institut de Recherche en Cancérologie de Montpellier (U1194), Montpellier, France

CHRISTIAN DEVAUX

IRD, Marseille, France

CATHERINE MOULIA

Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier - ISEM, UMR 5557 CNRS – UM, Montpellier, France

LAURENT GAVOTTE

Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier - ISEM, UMR 5557 CNRS – UM, Montpellier, France

LAURENCE BRIANT

Centre d'études des agents pathogènes et biotechnologies pour la santé, CPBS, FRE 3689 CNRS-UM, Montpellier, France

NATHALIE CHAZAL

Centre d'études des agents pathogènes et biotechnologies pour la santé, CPBS, FRE 3689 CNRS-UM, Montpellier, France

THÉRÈSE LIBOUREL

UM, UMR228 Espace-Dev (IRD-UM-UAG-ULR), Montpellier, France -
therese.libourel(at)umontpellier.fr

La contribution de la géographie et de l'anthropologie dans l'analyse et la compréhension des inégalités socio-territoriales du paludisme au Cambodge

The contribution of geography and anthropology in the analysis and understanding of the socio-territorial inequalities malaria in Cambodia

Frédéric Bourdier

Introduction

- 1 Un certain paradoxe vient entacher le déroulement serein d'une recherche scientifique soucieuse de convier des intervenants provenant d'horizons hétéroclites. Enseignants et chercheurs sont, autant pour des raisons institutionnelles (Raynaut, 1996), de compartimentation administrative (Raynaut & Zanoni, 2011) et d'intransigeance du pouvoir académique (Becher & Trowler, 2001), fréquemment rappelés à l'ordre de ne pas trop s'égarer hors des limites circonscrites de leur disciplines, quand bien même l'on ne peut ignorer aujourd'hui que ces frontières sont changeantes et reconnues, tôt ou tard, comme étant profondément arbitraires (Jollivet, 1992). En même temps, règne une volonté fréquemment partagée d'inciter les rapprochements entre connaissances dès lors que l'on traite d'objets frontières¹, dont la santé et l'environnement sont des exemples emblématiques. La construction difficile de ces objets frontières, loin d'être téléguidée, se fait souvent « chemin faisant » (Meyer, 2009), comme nous l'avons fait nous-mêmes. Mais cet encouragement de travailler aux interstices qui tient lieu de leitmotiv incessant chez de nombreux chercheurs ne prend racine ni dans l'enseignement - quasi-inexistant - de la pratique interdisciplinaire, ni dans la possibilité de financements de projets privilégiant la mise en place de projets à

vocation véritablement interdisciplinaire. Pourtant il existe bien une association dotée d'une revue spécifiquement dédiée à l'interdisciplinarité et soutenue par nombre d'EPST (Etablissements Publics à Caractère Scientifique et Technique), l'association NSS (Natures, Sciences, Sociétés dialogue) dont les membres inscrivent leurs recherches, notamment en répondant aux appels d'offres, dans une perspective délibérément interdisciplinaire. Mais malgré ce soutien institutionnel, on peut considérer que ce mouvement répond plus à des dynamiques venant de la base qu'à une véritable politique de promotion de l'interdisciplinarité décidée au sommet des institutions. L'effervescence qui prévaut dans des pays comme le Brésil (Philippi & Fernandes, 2015) et les Etats-Unis d'Amérique (Repko, 2008) ne se retrouve ainsi que peu en France. La dimension incantatoire de l'interdisciplinarité prévaut donc sur sa dimension opérationnelle.

- 2 Il existe certes des exceptions, notamment avec des opportunités occasionnelles d'appels à projets², mais quand bien même cela arrive, l'art de combiner les savoirs ne s'improvise pas. En l'absence de « modèles » et de « recettes » prêts à l'emploi, l'intention de cet article consiste à fournir des éléments de réflexion à partir d'un retour d'expérience sur l'analyse des inégalités socio-territoriales du paludisme à l'échelle de districts sanitaires au Cambodge. En dépassant des angles d'approches différents, et parfois divergents, qui seuls n'offrent qu'une vision parcellaire des réalités sociale, environnementale et sanitaire à déchiffrer, et en intégrant les multiples dimensions qui composent cet objet frontière qu'est une maladie à transmission vectorielle, nous tentons ici de montrer comment l'interdisciplinarité se construit à partir d'interrogations successives autour d'un objectif formalisé en commun. La thèse soutenue, presque banale pour celui qui aspire à une analyse systématique et non parcellaire (Gabaldon, 1969), consiste à élargir son regard disciplinaire en le confrontant avec d'autres regards disciplinaires, c'est-à-dire en soumettant son point de vue à celui des autres. Mais cet élargissement du regard et cette confrontation ne peuvent se révéler productifs que s'ils débouchent sur de nouvelles propositions permettant d'embrasser l'objet dans de multiples dimensions selon une perspective devenue commune à tous.
- 3 L'inégale distribution du paludisme et son évolution au Cambodge constituent un enjeu fort pour les acteurs et décideurs de la santé publique, et ce d'autant plus que le Cambodge est un site historique à l'échelle mondiale de l'émergence de souches résistantes (Randall & Packard, 2014).
- 4 Si le projet « Sociétés, Résistances, Malaria » (SOREMA) qui sert de cadre scientifique et institutionnel à ce travail organise la production de nouvelles connaissances aussi bien dans les champs de l'immunologie que de la parasitologie, de l'anthropologie que de la géographie, nous avons pris le parti de nous focaliser sur les interactions entre ces deux dernières disciplines issues des sciences humaines et sociales. Cette interaction entre SHS sert ici à montrer comment l'influence réciproque des productions scientifiques autour d'une question commune centrée sur la connaissance biaisée de la distribution de la pathologie, permet d'envisager un retour bénéfique vers les acteurs de santé publique par une meilleure adéquation des moyens de soins par rapport aux besoins réels.
- 5 En effet, le paludisme dépend fortement des caractéristiques des milieux concernés en ce qu'elles influencent la distribution des vecteurs mais la société humaine par son action module ou aggrave sa vulnérabilité personnelle, tout en infléchissant les risques

de transmissions. Ainsi, loin de n'être qu'un simple réservoir, l'Homme est acteur de changement et producteur du risque au moins autant qu'il n'en est victime. Aussi, loin d'être une fatalité, la maladie doit être considérée comme le produit de l'action de l'Homme en tant qu'être social qui, volontairement ou pas, participe de la transformation des milieux et ainsi modifie les modalités de la circulation et de la transmission au sein d'environnements spécifiques. Par les recompositions non seulement des écosystèmes mais également foncières ou territoriales, l'Homme produit des espaces différenciés que l'on ne peut comprendre qu'en s'affranchissant des limites données a priori (limites administratives ou écologiques) pour reconstruire les systèmes socio-spatiaux du risque analysé. En considérant le risque sanitaire comme un produit des actions de l'homme, on est ainsi amené à considérer selon une perspective systémique, aussi bien les conséquences de celles-ci sur la transformation des écosystèmes plus ou moins naturels que sur les structures sociales, politiques, économiques, démographiques et ce à des échelles spécifiques, bien souvent emboîtées et connectant lieux et espaces entre eux.

Une recherche collective à la confluence des disciplines

- 6 Les contributions respectives de l'anthropologie et de la géographie pour un programme interdisciplinaire ainsi que les conséquences théoriques, pratiques et méthodologiques qui en découlent ne peuvent se comprendre sans énoncer clairement les propos qui animent une recherche collective soucieuse de travailler en complémentarité au sein des interstices disciplinaires. En décrivant le système pathogène du « paludisme » en Asie et sa prise en charge par le système de santé nous allons ainsi poser les principes et la philosophie sous-jacente qui orientent le déroulement de notre recherche et justifient ainsi la construction interdisciplinaire par la prise en compte de la complexité.

Le système paludisme au Cambodge

- 7 Largement répandue dans le monde, le paludisme est une maladie parasitaire due à un plasmodium dont quatre espèces sont responsables de fièvres chez l'homme, fièvres pouvant déboucher sur des atteintes neurologiques mortelles. La principale, pour ne pas dire la seule, espèce responsable des atteintes mortelles est *P. falciparum* qui représente environ 55 % des espèces plasmodiales circulant au Cambodge (Mouchet et al., 2004)³ mais la situation peut montrer une complexité importante selon la spécificité des sous-ensembles composant l'espace national du Cambodge (Incardona et al., 2007). Trois autres espèces, *P. malariae*, *P. vivax* et *P. ovale* sont les agents des fièvres tierces et quartes caractéristiques du paludisme. Mais seuls *P. falciparum* et *P. vivax* sévissent en Asie du Sud-Est. Responsable en 2013 de 584 000 morts pour 198 millions de cas dans le monde, le paludisme voit sa distribution largement conditionnée par celle de ses vecteurs, des moustiques du genre anophèle. En se gorgeant sur un homme portant le parasite dans son sang, une femelle anophèle devient infectante au bout d'un temps variable qui dépend des conditions de température et allant de 8 jours en conditions chaudes (30°C et plus) jusqu'à la limite de la vie du moustique en conditions froides, généralement un mois. En dessous de 15 degrés, la durée de vie de l'anophèle ne permet plus à celle-ci de devenir infectante. Ce temps est indispensable au parasite pour accomplir une partie de son cycle parasitaire à l'intérieur de l'organisme du moustique,

le cycle sporogonique. A l'issue de cette phase, cette anophèle va pouvoir transmettre le parasite à un homme sain qui à son tour va devenir un porteur de parasite susceptible de permettre la poursuite de la transmission. La présence d'anophèles et d'hommes est donc indispensable à la transmission et à la circulation du parasite. Cependant, cette présence constitue une condition nécessaire mais pas suffisante pour expliquer la distribution de la maladie chez l'homme.

- 8 En tout premier lieu, l'abondance des moustiques va conditionner les possibilités de contact entre l'homme et le vecteur, de même que les habitudes endophiles ou exophiles de celui-ci. Le moustique, dont la reproduction est liée à la présence de gîtes permettant la ponte (eaux claires et de bonne qualité bien que cette condition soit en train d'évoluer, notamment en milieu urbain) va être localisé à la proximité de ceux-ci. Or si les meilleurs vecteurs (*Anopheles* est un genre qui compte 464 espèces) sont essentiellement dépendants des bas-fonds en eau et des rizières en Afrique, ils présentent en Asie du Sud-Est la particularité de se reproduire dans les zones de forêt qui sont essentiellement présentes sur les reliefs collinaires. Ces vecteurs sont principalement *Anopheles dirus*, considéré comme étant doté de la meilleure compétence vectorielle, *Anopheles minimus*, *Anopheles maculatus*, *Anopheles sundaicus*. Il s'ensuit que le paludisme en Asie est une maladie que l'on contracte en vivant, travaillant ou parcourant les collines boisées laissant ainsi indemnes les grandes plaines agricoles. L'explication des fortes densités de population humaine dans les deltas agricoles est entre autre attribuée à ce facteur sanitaire contraignant, reléguant les populations dominées et marginalisées au gré des vicissitudes de l'histoire dans les espaces forestiers (Gubry, 2000).
- 9 Ainsi se dessinent les contours des espaces dans lesquels la maladie va pouvoir s'exprimer sans pour autant déterminer l'exposition des populations humaines qui reste dépendante du contact entre le vecteur et l'homme. Les entomologistes évaluent le risque en construisant un indice de contact homme/vecteur qui s'exprime par nombre de piqûres par personne et par nuit. Or ce contact, s'il est fortement conditionné par la notion d'abondance des vecteurs, est lui-même modulé par des variables dépendantes à la fois des conditions d'habitat (qualité du bâti, présence d'étages, localisation en périphérie ou au centre des villages...), des mesures prophylactiques mises en œuvre (pose de moustiquaires imprégnées ou non, traitement intra domiciliaire...), du comportement humain et de la nature de l'environnement en périphérie des habitations.
- 10 Pour autant, ce contact ne va pas conditionner seul l'expression de la maladie dans les communautés humaines. Un système de soins efficient et bien distribué au regard des besoins de santé des populations va permettre une prise en charge des malades, réduisant d'autant l'importance de la population réservoir. S'il existe bien des risques de contamination, ceux-ci sont alors contrôlés creusant un écart entre abondance des vecteurs et importance de la maladie chez l'homme. Par ailleurs, l'immunité acquise à l'occasion de contacts répétés et prolongés avec le parasite va réduire le risque de mortalité, en dehors des enfants en bas âge et des personnes fragilisés par une autre maladie, immunodéprimés ou marqués par un âge avancé. Ce cas de figure essentiellement présent dans les zones de paludisme stable (maladie circulant la majeure partie de l'année) peut cependant évoluer rapidement.
- 11 Ainsi dans l'histoire du paludisme, l'apparition d'anophèles résistantes aux insecticides et le développement de résistances aux antipaludéens constitue un défi de santé

publique majeur (Samarasekera, 2009). Or l'Asie du Sud-Est et en particulier le Cambodge représentent un des principaux espaces d'émergence de ces résistances aux antipaludéens de dernière génération (Noedl, Rogers, 2009 ; Plowe, 2009) et il a déjà été démontré qu'une nouvelle émergence de la résistance au traitement aura de grandes chances d'entraver les opérations de prophylaxie (White, 2008).

- 12 Modification de la pression vectorielle, évolution « normale » du vivant mais aussi et peut-être surtout sélection de nouvelles souches issues de la pression médicamenteuse, de la mauvaise observance des traitements, de médicaments contrefaits font partie des pistes explorées pour expliquer cette menace qui dépasse son espace d'émergence. En effet, la circulation des souches se fait au gré des mobilités humaines et secondairement au transport d'anophèles infectés. Les souches résistantes ne font pas exception à la règle et colonisent alors de nouveaux espaces et de nouvelles populations. L'instabilité politique du Cambodge confronté à une histoire récente douloureuse facilite bien entendu cette difficulté à développer un système de soins en adéquation avec les véritables enjeux de santé du pays. Mais la reconstruction elle-même et les processus de développement en cours sont eux-mêmes producteurs de nouvelles données épidémiologiques.
- 13 Comprendre le « système paludisme » ne peut donc se réduire à la compréhension de la chaîne épidémiologique plasmodium - anophèle - homme. L'inégalité de la distribution de la maladie mais aussi la définition des zones d'émergence et des routes de la diffusion des souches résistantes s'inscrit ainsi dans la production et la gestion d'espaces particuliers par les sociétés humaines, bien au-delà de la seule dimension biologique (Packard, 2007 ; Shah, 2010).
- 14 Eclairer l'inégalité d'expression de la maladie chez l'homme et comprendre les processus d'émergence et de diffusion de souches résistantes ne peut alors se suffire d'une approche sectorielle déconnectant les multiples dimensions du système pathogène. L'interdisciplinarité se pose ainsi comme un prérequis pour établir un pont entre les réalités multiples de l'exposition, de la contamination et de la prise en charge de la maladie par les sociétés. Or l'identification des déterminants permettant d'envisager une action en amont de la maladie devient essentielle dans un pays où seul 1,26 % du PIB est alloué à la santé permettant à peine à 9 hôpitaux publics et 965 centres de fonctionner en 2005. Si selon certains auteurs un peu trop optimistes la situation sanitaire s'améliore rapidement (Grundy, 2009), y compris pour le paludisme grâce à la privatisation des entreprises de santé (Yeung, 2011), une attention plus soutenue montre que la performance du secteur public, qu'aucune agence de financement extérieure ne soutient exclusivement (Kong, 2014), est largement biaisée par un secteur privé non contrôlé et en pleine expansion (voir : Bourdier, 2016). Au niveau du ministère de la Santé, l'information qui est accessible pour déterminer le pilotage des politiques de santé apparaît donc lacunaire, limitant la pertinence des actions publiques entreprises (Rapport AFD, 2007).
- 15 Si des travaux avaient montré les liens entre paludisme, aménagements humains et politiques (Packard R., 2007 ; Shah, 2010), la construction d'un projet pluridisciplinaire de terrain producteur de données originales et articulé autour d'un objectif formulé selon une logique interdisciplinaire, a eu comme objectif de développer cette approche systémique nécessaire à la compréhension d'inégalités d'expression du paludisme dans un contexte d'émergence de résistances. Ce projet, « Interventions publiques et inégalités de santé dans les écosystèmes naturels et sociaux recomposés de la sous-

région du Mékong », nous permet aujourd'hui de proposer une lecture critique des apports réciproques et interactifs de deux disciplines au sein des sciences humaines et sociales, la géographie et l'anthropologie, autour de la question spécifique du fonctionnement du système de soins comme producteur d'inégalités de santé. Si le propos est ici centré sur l'interaction entre SHS, il est bien entendu que le cadre scientifique du projet rapidement décrit ci-dessous dépasse cette grande famille disciplinaire.

- 16 Le cadre scientifique repose sur un double constat préoccupant qui dépasse le simple contexte national. Deux phénomènes concomitants induisent une réorganisation des politiques de santé dans la région du bas Mékong (Cambodge et frontières avec le Vietnam et le Laos) avec, d'un côté, la persistance du paludisme et de ses formes sévères, et de l'autre l'émergence inquiétante de la résistance au traitement qui risque de s'étendre dans le monde entier⁴. L'identification de la résistance est désormais une affaire internationale, avec d'énormes financements mobilisés par le Fonds Mondial de lutte contre le sida, la tuberculose et le paludisme et l'OMS et alimentés par de puissantes fondations (Clinton, Gates). D'un autre côté, les disparités spatiales en termes d'accès au traitement (notamment dans les zones endémiques reculées) relèvent davantage d'un souci interne au pays. Les deux priorités différemment soutenues, consistant d'une part à réduire les inégalités géographiques et sociales vis-à-vis de l'infection, et d'autre part à perpétuer l'efficacité du traitement, dépendent de choix politiques stratégiques locaux et allogènes. Un des questionnements centraux de la recherche consiste justement à examiner la manière dont ces deux impératifs sont ou pas conciliables et, dans l'affirmative, quelles sont les solutions intentées.
- 17 Le projet dépasse le seul cadre du paludisme et s'intéresse aux enjeux politiques, environnementaux et sociaux en rapport avec la gestion de la santé dans et hors du Cambodge. Des programmes financés par l'ANR⁵, l'Union Européenne, l'OMS, le Fonds Mondial et l'Institut Pasteur du Cambodge portent sur l'étude des mécanismes de résistance aux antipaludéens (Ménard, 2010) ainsi qu'aux antibiotiques. Même s'ils se cantonnent essentiellement à la question biomédicale, quelques collaborations ponctuelles au sein d'autres projets se mirent à soulever l'importance des facteurs politiques, économiques et sociaux dans l'apparition des résistances (Bourdier & Ménard, 2013). Des experts mondialement reconnus en malariologie et travaillant en Asie du Sud-est affirment pareillement qu'aborder le paludisme par cette porte d'entrée revient à se pencher sur une problématique transversale méritant d'être développée pour d'autres agents infectieux présents dans les pays du Sud comme dans les pays du Nord (White, 2008). Il en va de même des 'timides' analyses du fonctionnement du système de santé au Cambodge tendant à faire voir que ce dernier se montrait un peu trop soucieux de 'montrer' à tout prix la réussite des stratégies mises en place. On reviendra sur ce point crucial dans la section dédiée à la contribution anthropologique.

Abri nocturne de travailleurs saisonniers



L'esprit inhérent à une recherche interdisciplinaire

- 18 Avant de développer l'enchevêtrement des disciplines géographiques, biomédicales et anthropologiques⁶, et de s'attarder sur leur contribution mutuelle d'un point de vue organisationnel, il est utile de préciser la philosophie sous-jacente à l'interdisciplinarité et à l'articulation concrète des disciplines entre elles pour leur bénéfice commun. L'interdisciplinarité est différente de la pluridisciplinarité (Barthes, Jollivet & Legay, 2005) dans la mesure où elle implique non pas la juxtaposition mais l'articulation effective et une synergie entre les savoirs produits à partir de différents angles d'approche d'une même réalité complexe (Thompson Klein, 1996 ; Origgi & Darbellay, 2010). À ce titre, un effort d'élargissement des connaissances hors de la discipline d'origine est attendu pour chacun des participants.
- 19 L'interpénétration des connaissances constitue l'enjeu du projet. Il ne s'agit pas de parvenir à un consensus dans la mesure où l'on estime, pour reprendre l'idée de Piaget (1969), que *les différences de perception importent*. Il ne s'agit pas non plus de mettre bout à bout des savoirs hétéroclites et de les assembler en un produit final mais, pour chacun, d'intégrer les données objectives et pertinentes traditionnellement sous-estimées dans sa propre discipline. Il est donc judicieux par exemple pour un anthropologue qui se penche sur les vulnérabilités sociales acquises face au paludisme d'avoir une connaissance avertie des conditions écologiques qui président à cette vulnérabilité (Aagaard-Hansen 2009 ; Nguyen, 2006), de la même manière qu'un géographe s'appuie sur les processus historiques écologiques, économiques et politiques pour décrire et analyser les territoires produisant des hétérogénéités spatiales de l'infection (Randall et Packard, 2008 ; Pattanayak, 2007). Par leur action sur la modification de l'environnement, des pratiques et des moyens mis à disposition des populations exposées, ces déterminants construisent alors des territoires de la santé

qui ne peuvent être identifiés et compris qu'à partir d'une mise en système de ces multiples dimensions, il va de soi que l'on ne peut s'attendre, dans le cadre d'un projet comme SOREMA, à ce qu'un anthropologue devienne entomologiste et qu'un entomologiste axé sur les questions environnementales se transforme en géographe ou en historien. Là n'est pas le propos. Il n'en reste pas moins qu'une attention étayée par une méthodologie rigoureuse et élargie par des échanges constants entre personnes aux compétences diverses, reste tout à fait possible comme le montre, résultats à l'appui, une entreprise de petite taille déjà initiée avec des résultats encourageants dans trois microzones endémiques du pays (Bourdier, Chea & Taing, 2010 ; **figure 1**).

Figure 1 : Localisation des 12 communes étudiées dans les trois provinces sélectionnées (3 à Koh Kong, 3 à Mondul Kiri, 6 à Kampot)



- 20 Tout ceci revient à dire que cette interdisciplinarité n'est pas donnée spontanément par simple rapprochement de compétences. En ce qui nous concerne, elle se présente comme le résultat patient d'une construction méthodique qui s'appuie successivement sur : 1/ l'identification d'un objet de recherche commun à tous les participants avec éclairage apporté par chaque discipline (cet éclairage fut explicité plus tard dans les tâches de travail) ; 2/ l'énoncé d'un certain nombre d'hypothèses, issues de l'expérience du corpus théorique des diverses disciplines, mais qui font sens pour tous, ce qui implique la mise à disposition d'une problématique générale claire, déjà citée plus haut, avec un accent mis sur la part que prennent les différentes disciplines dans l'énoncé des hypothèses ; 3/ l'établissement d'un consensus, éventuellement provisoire mais faisant office de plateforme de démarrage, quant à la façon de traiter ces hypothèses et les croiser entre elles, en l'occurrence les trois notions « hétérogénéité/disparités », « changement/mutation » ainsi que « conditionnalités épidémiologiques⁷ ». Ces trois axes, qui n'en excluent pas d'autres, ont permis d'élaborer une matrice que chacun peut utiliser dans son domaine disciplinaire, afin de pouvoir confronter *in fine*, à divers

niveaux de compréhension, les hétérogénéités, les dynamiques qui se donnent à lire dans le champ de réalité que les différents chercheurs explorent à leur manière ; 4/ l'harmonisation soulevée plus haut doit elle-même passer par une compréhension mutuelle de la façon dont chacun traite les catégories, non pas moyennant un langage commun mais en établissant une reconnaissance des usages différenciés qui peuvent être faits des mêmes notions par les différentes disciplines afin de mener une négociation conceptuelle qui autorise de rendre compatible ces différences.

Regards géographiques et anthropologiques

- 21 Afin d'illustrer la pratique interdisciplinaire préconisée, et pour des questions de présentation, on part de l'approche géographique qui amène à voir comment elle peut, et doit, se pétrir d'une démarche anthropologique⁸. En raison de la taille limitée de l'article, on se concentre ici sur les mécanismes qui président à la construction de la démarche interdisciplinaire, et non pas sur le déroulement des enquêtes. Seuls quelques résultats sont fournis quand cela est nécessaire. La constitution d'un champ d'interpénétration est mise en avant afin de démontrer la pertinence d'une articulation concrète et *simultanée* entre deux disciplines pour leur bénéfice commun et dans un souci de restituer les faits dans leur complexité.

L'intervention géographique

- 22 Le travail a commencé par caractériser les dynamiques spatiales et temporelles, disponibles depuis 1993, du changement du couvert forestier dans les microzones des trois provinces étudiées. Une seconde étape a mis en corrélation l'impact du changement du couvert forestier et des activités anthropiques (agricole, non agricole) sur la transmission du paludisme. Une troisième étape a consisté à explorer et cartographier le zonage du risque paludéen, tout en examinant l'évolution annuelle de la distribution spatiale du paludisme. Une dernière entreprise eut pour propos d'identifier les villages endémiques en s'intéressant aux changements écologiques qui les affectent dans le temps et dans l'espace. Jusqu'à présent, il a été possible de produire des cartes de travail destinées à présenter des diagnostics spatiaux à l'usage de l'équipe, de compiler les changements des taux d'incidence du paludisme et de commencer à analyser les relations entre populations, transmission malarique et couvert forestier dans le district d'une première province sur lequel on va se pencher ici.

Chumkiri, rizières enclavées en zone forestière



- 23 Parallèlement à cette opération, des ethnographies renforcées par des sources secondaires ont permis de retracer l'histoire des relations entre les populations, leur environnement naturel et social et les maladies prédominantes. Un travail en géographie de la santé s'est penché *en même temps* sur le diagnostic spatial de la malaria diagnostiquée dans le district de Chumkiri, au nord de la province de Kampot⁹. L'étude repose sur l'hypothèse que la variabilité du paludisme telle qu'on l'observe à travers la morbidité diagnostiquée résulte, soit de différences en terme d'accessibilité aux soins qui génèrent une image hétérogène de la situation du paludisme, soit de différences en termes de transmission et de circulation du parasite, voire une interaction entre ces deux niveaux de déterminants. Afin de vérifier cette hypothèse, les données médicales du district ont été relevées dans les registres à la fois des centres de santé et des *Village Malaria Workers* (VMW)¹⁰ et des enquêtes de terrain ont été menées dans les villages et les familles dans le but de récolter des données socio-économiques et démographiques. Leur analyse (statistiquement et spatialement) visait à définir les déterminants de l'hétérogénéité de la prévalence de la malaria diagnostiquée à différentes échelles (Rusch, 2013).
- 24 A l'échelle des villages, des enquêtes sur un panel de variables clé ont été menées afin de caractériser les villages d'un point de vue essentiellement qualitatif hormis l'information relative au nombre de familles et d'habitants. La présence d'infrastructures et d'équipements (électricité, eau, puits, mais également commerces, ONG, administrations, structures de soins et d'enseignement) a été notée ainsi que la localisation par rapport à la plaine rizicole ou aux collines forestières. Des entretiens avec les principaux acteurs de la vie villageoise ont permis de cerner l'importance des diverses activités (agriculture, élevage, chasse, cueillette, pêche, artisanat) en direction de la plaine rizicole ou de la forêt, ainsi que l'importance des flux de personnes hors du district et de la province.

Centre de santé primaire



- 25 A l'échelle des familles, les variables collectées ont permis de caractériser les ménages dans 3 villages témoins identifiés en raison de leur situation épidémiologique contrastée du point de vue de la malaria : Bak Nim en lisière forestière et présentant une prévalence diagnostiquée élevée, Bos Taphang, situé en zone montagneuse et boisée mais présentant une prévalence diagnostiquée faible et enfin Roka Thmei situé dans la plaine rizicole et présentant également une prévalence diagnostiquée faible.
- 26 L'enquête, exhaustive, a été réalisée à l'aide de questionnaires. Les rubriques ont permis de recueillir une information aussi bien quantitative que qualitative : l'habitat (pilotis, matériaux de construction), l'équipement individuel (électricité, eau courante, puits, pompe, latrines), le nombre d'habitants, les activités des différents membres et leurs mobilités, la localisation de l'habitat par rapport à la végétation et enfin les recours aux centres de santé et/ou aux VMW.
- 27 A l'échelle de la zone, force est de constater que les caractéristiques collectives des villages n'expliquent en rien la variabilité de la morbidité diagnostiquée du paludisme dans le district de Chumkiri. Les variables « classiques » du paludisme en Asie du Sud-Est et notamment la situation des villages dans ou à proximité de la forêt ou les liens amenant les habitants des communautés à fréquenter la forêt ne sont ressorties significativement. Cela remet-il en cause ce schéma pourtant maintes fois vérifié ou la validité des données utilisées ? A l'échelle des familles enquêtées dans les 3 villages témoins, mobilité à l'extérieur du district pour l'activité secondaire ($P=0,036$), habitat sur pilotis ($P=0,03$) et proximité de végétation arborée ($P=0,026$) ont été corrélés significativement aux diagnostics de malaria effectués au sein de la famille dans l'année précédant l'enquête. Il existerait donc une variabilité de la transmission au sein des communautés villageoises dictée par les caractéristiques et les situations propres à chaque famille, renvoyant aux facteurs de risques connus du paludisme. Mais comme l'a montré l'absence de résultats significatifs à l'échelle des villages, la morbidité diagnostiquée de paludisme ne permet pas de mettre en évidence des situations à

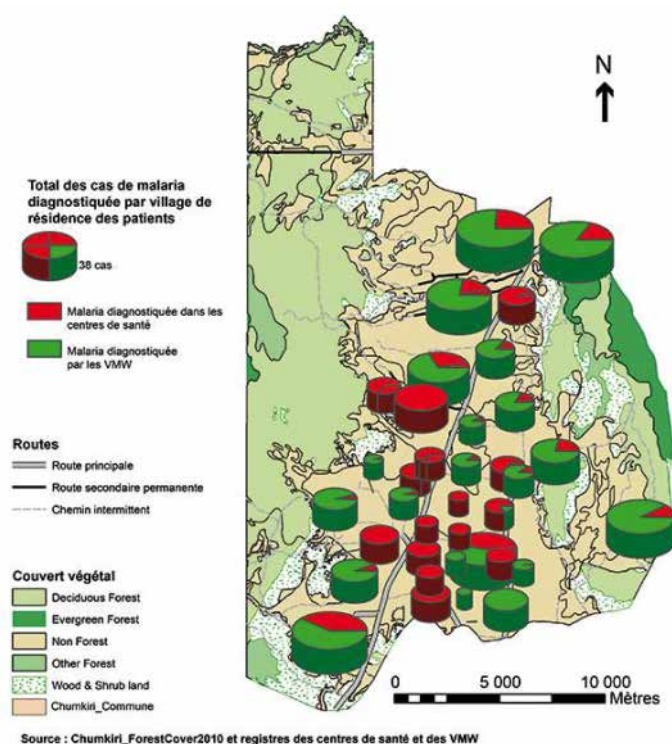
risque sur la base desquelles une politique sanitaire pourrait s'appuyer pour adapter au mieux les moyens aux besoins.

Charbon de bois Chumkiri



- 28 En effet, la politique d'aménagement sanitaire repose sur la connaissance au niveau des décideurs, des mécanismes de la transmission admis par la communauté scientifique et surtout de la répartition de la morbidité palustre afin d'aboutir à une bonne adéquation de l'offre de soins par rapport aux besoins réels. Or les travaux géographiques entrepris montrent que les données qui remontent au niveau des autorités provinciales et nationales donnent une image erronée de la réalité épidémiologique, traduisant plus l'activité du système de soins que la transmission (Rusch, *op.cit.*). En effet, la cartographie des cas de paludisme répertoriés au niveau des centres de santé, des hôpitaux de référence et des VMW rapportés à l'échelle des villages de résidence des plaignants, montre que la présence de VMW entraîne systématiquement une prévalence palustre diagnostiquée significativement supérieure à celle des villages sans VMW (**figure 2**). Ce résultat peut alors être interprété de deux manières : il est le signe de l'efficacité de cette stratégie qui permet d'identifier les malades bien mieux que ne le feraient les autres structures mais il peut aussi donner une image biaisée de la réalité de la distribution de la maladie entraînant le développement de stratégies basées sur des inégalités de soins plus que sur des besoins réels.

Figure 2 : Malaria par village selon l'origine du diagnostic



- 29 En effet, les villages dans lesquels les VMW sont opérationnels montrent systématiquement un grand nombre de cas qu'ils soient ou non situés à proximité des espaces à risque de transmission. En revanche, le fait de résider dans un village démuné de VMW ou dans lesquels les VMW ne sont plus fonctionnels, y compris les villages situés à proximité des 5 centres de santé implantés dans le district sanitaire de Chumkiri, présentent un faible nombre de cas de paludisme diagnostiqué. Plus que la proximité aux montagnes boisées qui hébergent le vecteur, c'est donc bien la proximité d'un personnel dédié au dépistage du paludisme qui génère l'image de l'inégale répartition du paludisme. Si une fraction de la population a recours à des soins privés, pouvant ainsi expliquer la faiblesse du paludisme diagnostiqué dans les structures de soin dépendant du ministère de la santé, ces informations ne sont pas collationnées et répertoriées au niveau des statistiques médicales remontant vers le ministère de la santé cambodgien. Or ce sont sur ces statistiques et leur cartographie que se reposent les décideurs de santé publique pour décider de l'allocation des moyens à certains lieux.
- 30 Il s'ensuit le sentiment d'une bonne adéquation entre le système mis en place, instaurant une complémentarité entre les structures de santé, les VMW et la réalité épidémiologique alors que de fait il s'agit d'un effet de démultiplication purement mécanique. Ainsi, si on peut supposer que les villages dotés de VMW renvoient une image proche de la réalité épidémiologique, le faible nombre de cas répertoriés dans les villages qui en sont démunis, y compris ceux qui sont implantés à proximité de centres de santé, sous estiment fortement la réalité de la transmission.
- 31 En l'absence de prospection active en population générale produisant des données de morbidité réelle, la distribution connue de la malaria à travers la morbidité diagnostiquée ne nous permet d'identifier ni les déterminants réels de la circulation ni ceux de la transmission de la maladie, contrairement à des conclusions qui circulent

bien souvent un peu vite au gré des objectifs plus ou moins avoués de ceux qui les affichent. L'analyse d'un territoire à l'échelle villageoise donne ainsi une fausse bonne image d'adéquation entre les besoins et les moyens par superposition presque parfaite de la distribution des agents des VMW et des fortes prévalences diagnostiquées de malaria. Au contraire, une telle planification sanitaire est susceptible de laisser démunis des villages potentiellement à risque tout en suréquipant les villages déjà bien dotés. En conclusion, l'apparition ou non des villages sur les radars des décideurs constitue potentiellement le moteur auto entretenu, ou instrumentalisé, de production d'inégalités de santé par le système chargé de les réduire.

- 32 Face à des données sanitaires statistiques préoccupantes remontant à une dizaine d'années¹¹, une nouvelle carte sanitaire, qui reste encore à tracer avec ses contours nuancés, est en train de se mettre en place grâce aux enquêtes géographiques. D'une façon générale, le paludisme occupe encore une place non négligeable, même s'il régresse fortement dans le pays, comme l'indiquent, non sans fierté, les rapports officiels écrits sous la houlette des décideurs de santé (Ministry of Health, 2013). Il reste cependant encore endémique, notamment à proximité des espaces boisés qui sont les « terres promises » des paysans sans terre. Des migrants ont décidé, de gré ou de force, de s'installer sur ces terres peu occupées, à l'instar des Cham musulmans dans les provinces nord-est de Ratanakiri et de Mondolkiri, et des Khmers dans les provinces nord-ouest de Battambang, Païlin et Oddar Meachey. Des études préliminaires effectuées dans ces lieux de destination ont déjà suggéré la corrélation entre pauvreté, mobilité spatiale et santé précaire (Bourdier, Chea & Taing, 2010), et viennent confirmer le lien déjà remarqué entre migration et pauvreté chronique (Kothari, 2002). Plus précisément, l'approche géographique menée par SOREMA amène à poser une hypothèse plus solide, à savoir que les formes de recomposition des écosystèmes sociaux et naturels génèrent de nouveaux types d'inégalités qui sont eux-mêmes conditionnés par des interventions sanitaires différencielles. Ces résultats interpellent alors directement les anthropologues sur le rôle des acteurs de la lutte et de la prévention du paludisme au Cambodge et leurs modalités de fonctionnement et d'interactions entre eux.

Questionnements anthropologiques

- 33 On est en droit cependant de subodorer que cette ébauche d'analyse, aussi instructive soit-elle, ne reste incomplète dans la mesure où certains « implicites » de santé publique (comme l'exactitude, la sélectivité, la transparence et la gestion des données épidémiologiques) ne sont pas questionnés à ce stade. Pour intégratrice qu'elle soit, la dimension géographique ne peut fournir à elle seule une image fidèle des tenants et aboutissants de la réalité épidémiologique et sociale. Une analyse fouillée des logiques nationales qui s'inscrivent à montrer le déclin de l'infection, telle qu'elle est rapportée lors des restitutions de projets et dans la presse locale, est en conséquence la bienvenue. Des enquêtes socio-anthropologiques associant conversations informelles, observations et visualisation de quelques registres de santé ont alors été effectuées en parallèle avec les enquêtes géographiques. Elles sont venues confirmer l'obligation pressentie d'élargir la contribution géographique à une anthropologie des pratiques d'interventions s'intéressant aux motifs qui animent les prises de décision quant à la façon de traiter l'information et transcrire la réalité épidémiologique. On ne peut qu'être scientifiquement d'accord sur le fait que la répartition de l'offre de soins joue

un rôle primordial dans les capacités du système de soins à couvrir les besoins de la population. Mais l'on est en droit de se demander si les politiques de santé nationales ne sont pas enclines à montrer une morbidité diagnostiquée en baisse, au risque de la présenter avec des chiffres biaisés, révélant le bon avancement de la stratégie d'élimination du paludisme d'ici 2025, associée à un gros effort d'implication pour minimiser la résistance.

- 34 Les bilans annuels du Centre National de Malarologie (CNM) font état de l'activité du système de soins qui semble bien fonctionner, vu la morbidité diagnostiquée en baisse. En même temps, les chiffres montrent une image, même approximative, du paysage épidémiologique et des dynamiques environnementales qui en découlent. Les enquêtes réalisées au plus bas de l'échelon des prestataires de service, incessamment surveillés par des inspecteurs provenant de l'hôpital de référence, laissent à penser que la quête d'une morbidité réelle, ou tout au moins la prise en compte de données plus exhaustives se rapprochant tant que faire se peut de la réalité épidémiologique, ne constitue pas un objectif en soi pour les responsables locaux¹². Tout au plus, peut-on avancer qu'un souci d'objectivité existe éventuellement, à condition toutefois que ces données épidémiologiques recueillies, davantage conformes à la réalité, ne sortent pas des anti-chambres de la structure nationale et ne soient pas publiquement divulguées, si jamais elles ne vont pas dans le sens de résultats encourageants espérés. Des indications concomitantes provenant d'enquêtes personnelles sur différents sites tendent à montrer que les acteurs de santé en charge de la stratégie d'élimination du paludisme sont avant tout soucieux de contrôler assidûment, pour ne pas dire manipuler, les données enregistrées aux échelons communautaires de la commune et du village. En d'autres termes, les données épidémiologiques cumulées seraient des constructions arbitraires destinées avant tout à 'plaire' et 'satisfaire' les attentes des bailleurs de fond et les directives implicites du ministère de la Santé. Des interviews effectuées auprès de certains membres du secteur santé¹³ montrent qu'il s'agit d'une démarche intentionnelle qui ne relève pas, comme on serait tenté de le croire, d'une méconnaissance par les producteurs et utilisateurs, des chiffres dont ils disposent.
- 35 Une anthropologie critique des performances réalisées par les institutions nationales permet de prendre du recul et de rappeler la fragilité du « success story » cambodgien. Si certaines causes du dysfonctionnement du système de santé en milieu rural ont été acceptées par les autorités (Morineau, Bourdier, Van Pelt, 2006), il n'en va pas de même d'une évaluation critique des entreprises de recensement et de dénombrement des données répertoriées. Remettre en question la véracité des statistiques n'est pas à l'ordre du jour dès lors qu'on pénètre l'industrie et la finance du paludisme au Cambodge. L'enregistrement et la divulgation des données reflétant la virulence de l'infection constituent un domaine extrêmement sensible, entouré de nombreux interdits (verrouillage des données informatisées, exclusivité de l'ouverture du système d'accès aux données, vérification des cas enregistrés par les hôpitaux de référence, contrôle des centres de santé sous leur circonscription). La configuration mise en place n'autorise pas une quelconque visibilité sur tout le processus méthodologique adopté, partant de la saisie des cas recensés à leur insertion dans la banque de données nationale, strictement maintenue confidentielle par le CNM. Qui plus est, aucun effort de transparence ne vient garantir les données présentées publiquement. Plusieurs indices recensés, trop longs à décrire ici, démontrent au contraire l'opportunité d'un système opaque permettant de jongler avec la morbidité diagnostiquée.

- 36 Un autre point mérite attention. Les décideurs de santé savent que l'incidence du paludisme est avant tout le reflet du dépistage dans les centres publics puisque les cas traités par le secteur privé régulé et informel ne sont pas enregistrés. Nul n'ignore pourtant l'ampleur et la popularité du secteur privé. Tous les acteurs interrogés à différents échelons savent très bien que les données obtenues dans les structures gouvernementales ne représentent aucunement l'ensemble de la population infectée. Encore fallait-il le prouver, et c'est ce que l'étude géographique permet de montrer. Mais de là à affirmer que cette démonstration est la bienvenue par les autorités relève d'une autre paire de manche. Deux raisons majeures semblent guider cette réticence à ne pas accepter, ou tout au moins dissimuler, les faits scientifiquement établis. La première est en relation au montant de l'aide reçue qui doit se concrétiser par un résultat encourageant, au risque d'être pénalisé. La seconde tient aux retombées symboliques, sociales et politiques inhérentes à la réussite d'une stratégie nationale qui suscite une attention internationale en raison de la diffusion de la résistance.
- 37 Théoriquement, le montant des financements versés est censé être conditionné par la gravité de la question de santé publique qu'il s'agit de traiter. Mais tel est rarement le cas si l'on en croit les évaluations traitant de cette adéquation présumée (Snow, 2008). En ce qui concerne le paludisme, le montant de l'allocation de l'aide extérieure n'est aucunement proportionnel à l'importance épidémiologique localisée, que ce soit au Cambodge (Kong, 2014) ou en d'autres régions comme le sud touristique de la Thaïlande (Brownlea, 1981). Une analyse comparée montre la même inadéquation entre financements alloués et prévalence du paludisme au sein de pays récipiendaires (Snow, *op.cit.*). Une autre étude dénonce les manipulations statistiques d'organismes multilatéraux et des Banques internationales pour attribuer des budgets de lutte contre le paludisme à certains pays qui en ont finalement peu besoin mais qui bénéficient d'une aide politique préférentielle (Attaran, 2006). Quelque peu différente est la situation au Cambodge où tout semble indiquer que la stratégie d'élimination du paludisme corrélée avec la menace d'avancée de la résistance, conduit les décideurs à faire en sorte de montrer une baisse régulière de l'incidence. L'énorme montant de l'argent reçu, même si une partie fut détournée comme le démontre une investigation du Fonds Global au Cambodge (OIG, 2013), doit être justifié. Les enquêtes SOREMA conduites sur près de trois années auprès de centres de santé témoignent de cette lancinante tentative des contrôleurs de santé à persuader, parfois jusqu'à l'exténuation, les directeurs des centres public à « arranger » les données, quitte à mettre de côté certaines données épidémiologiques trop encombrantes dans leurs registres de santé pourtant (trop) proprement tenus. Il en va de même des cas de mortalité censés être inexistant pour l'année 2014 (d'après le CNM), alors que nos enquêtes ont recensé des cas de décès, y compris auprès de patients référés dans des hôpitaux publics.
- 38 Le programme vertical du paludisme, dirigé par le CNM et sous contrôle du ministère de la Santé à Phnom Penh, a néanmoins reconnu depuis longtemps que toutes les populations n'ont pas accès aux mêmes services de prévention et de traitement (Ministry of Health, 2009). Cet état de fait, tout légitime qu'il soit, ne pousse pas à étendre la couverture de soins de santé dans des zones qui méritaient attention. Des zones ont été privilégiées, notamment celles identifiées à risque pour l'émergence de la résistance au traitement, tandis que d'autres sont tombés dans les oubliettes ou furent négligées. Des directeurs de centre de santé firent part en catimini - vu qu'ils ne sont pas autorisés à faire de commentaire critique vis-à-vis de leur employeur - du

délaissement arbitraire de leur circonscription géographique où aucun VMW n'était nommé dans des villages distants et impaludés, et ce malgré leurs demandes insistantes répétées.

- 39 D'autres personnels de santé firent état de l'approvisionnement irrégulier des combinaisons à base de dérivés d'artémisinine (CAT). Dans les trois provinces retenues par le projet SOREMA, deux zones encore fortement impaludées étaient en rupture de stock de janvier à avril 2015. Seuls les centres de santé disposaient de quelques doses de médicaments, mais ni les VMW ni les postes de santé n'étaient dotés en médicaments. Certains volontaires villageois purent pratiquer les tests rapides avec ce qui leur restait, mais ils perdirent vite leur crédibilité auprès de la population qui les fréquentait d'habitude.

En principe, le déficit médicamenteux aurait pu être facilement résolu puisque les opérations de transfert d'un hôpital ayant trop d'antipaludéens vers un hôpital connaissant des manques sont autorisées et même, en principe, facilitées. Cette passation aurait pu se dérouler sans trop d'encombre à condition toutefois que le contrôleur des services anti-paludismes œuvre de concert avec son homologue provincial en charge de la gestion du stock des médicaments. Mais, ainsi que nous l'expliquèrent des membres du service public de santé soucieux de garder l'anonymat, chacun des deux n'a guère intérêt de pointer du doigt la carence médicamenteuse, qui serait alors interprétée comme le reflet de leur incapacité à planifier, agir promptement afin de garantir le bon fonctionnement de l'acheminement des substances médicamenteuses. En outre, maintenir le silence, ne pas faire remonter l'information et faire comme si tout allait bien relève d'une tactique qui conduit à réduire le nombre de cas diagnostiqués, et qui va de pair avec la volonté des autorités nationales enclinent à minimiser la morbidité diagnostiquée.

- 40 Au même moment, le secteur privé était solidement approvisionné en CAT. Tout le monde en sortait gagnant, sauf la personne impaludée contrainte de payer des services normalement pris en charge financièrement par le secteur public. Les cas référés dans le privé n'apparaissent pas dans les statistiques officielles, et le personnel de santé du public bénéficie d'une légitimité morale de recommander aux patients de se rendre dans leur officine privée.

Chumkiri, rizières de plaine durant la saison sèche



L'environnement comme milieu changeant, animé et parcouru

- 41 L'inexactitude des données épidémiologiques rapportées est aggravée par le manque d'attention accordée au milieu écologique dont les caractéristiques spatiales et socioculturelles conditionnent l'existence et la diffusion du paludisme. On a vu que les inégalités sociales et géographiques ont été mises à l'épreuve avec les nouvelles stratégies institutionnalisées à partir de 2007. L'effort consistait à contenir la résistance envers les CAT dans des zones identifiées « à risque », au risque de négliger certains foyers hyper-endémiques localisés en dehors de ces zones.
- 42 En dehors des dynamiques géographiques, sociales et écologiques évolutives et de leurs liens avec la pression démographique (Martens et Hall, 2000 ; Prothero, 2002), des travaux exploratoires traitant des mécanismes de diffusion de l'infection avaient à la même époque montré la nécessité d'évaluer l'acceptabilité des formes de prévention (Dupas, 2009), la perception environnementale différentielle de la maladie (Valadeau, 2015) ainsi que la mobilité spatiale des populations physiologiquement et socialement davantage vulnérables à la transmission (Bourdier, Chea & Taing, 2010).
- 43 Les zones les plus impaludées dans les trois provinces de Kampot, Mondulkiri et Koh Kong sont des lieux économiquement démunis. Ils connaissent des mouvements centripètes et centrifuges de population (mobilité saisonnière, installation durable). L'insertion des migrants au sein des villages d'accueil - ou le départ de certains dans d'autres zones impaludées - est utile afin de comprendre de quelle façon leur présence est prise en compte pour la mise en place d'une gestion de la maladie adaptée à cette population flottante. Il se trouve que les populations mobiles sont souvent malvenues, perçues comme des intrus, soupçonnées d'être des destructeurs de forêts et de potentiels auteurs de trouble dont on ne sait que faire. Or des résultats géo-épidémiologiques obtenus dans la province de Kampot ont confirmé l'hypothèse de départ et mis en avant l'importance des déplacements vers les provinces forestières

dans la contamination de la population et la diffusion du paludisme à travers le pays, ceci montrant alors la nécessité de ne pas négliger ces populations pourtant souvent marginalisées.

- 44 Des enquêtes ethnographiques menées dans les trois provinces montrent pourtant que le lien entre populations migrantes et contraction du paludisme est assez bien établi entre les autorités sanitaires régionales et les chefs de village, et qu'il en est de même avec les populations villageoises. Ces liens pressentis, également exprimés au sein des centres de santé, ne trouvent toutefois aucune assise institutionnelle supérieure autorisant une reconfiguration adéquate du dispositif local de santé. Les relations entre migrants et milieux écologiques anthropisés n'apparaissent guère dans l'estimation des nouveaux besoins de santé d'une nouvelle population venant provisoirement ou durablement se greffer.
- 45 Le suivi des parcours géographiques des populations aide à reconstituer les mécanismes de diffusion du paludisme ainsi que les circonstances de propagation de la résistance aux CAT. Il permet de saisir l'influence de la présence des migrants sur les milieux naturels et sur l'évolution de l'habitat des moustiques vecteurs du paludisme. Les enquêtes ethnographiques conduites dans deux microzones de la province de Mondolkiri montrent un type particulier d'interaction entre les migrants et le milieu naturel qu'ils convoitent. Un des traits saillants mis en avant est que les populations mobiles, souvent non immunes face au paludisme, sont amenées à se rendre davantage en forêt afin de compléter leur alimentation, et sont plus enclines à gagner de l'argent en défrichant des parcelles ou en coupant du bois destiné à la revente.
- 46 Le milieu environnant n'est pas aseptisé ni vide de contenu. Il est habité par une multitude de génies peuplant les forêts avec qui la société humaine doit négocier pour éviter les agressions néfastes. Les fortes fièvres, y compris celles relatives au paludisme sévère, sont associées à l'infortune découlant d'une rupture d'interdits. Il en va de même des fièvres récurrentes attrapées hors de son village d'origine. Fait remarquable, le déplacement géographique est traditionnellement reconnu par la grande majorité de la population comme un facteur de risque. Le malade perçoit les manifestations symptomatiques du paludisme comme conséquence de son passage d'un milieu socio-écologique familial (le village avec ses esprits des lieux apprivoisés et ses caractéristiques édaphiques familiales) vers un milieu vis-à-vis duquel il n'est pas physiologiquement et psychologiquement préparé pour cohabiter. Un nouvel arrivé est davantage réceptif aux agents (naturels, surnaturels, climatiques) transmettant l'infection malarique qu'une personne familiarisée à la nature qui l'entoure. Cette perception de la vulnérabilité de la maladie a des conséquences directes sur le recours au dépistage et au traitement (Valadeau, *op.cit.*). En effet, un des stades de l'itinéraire thérapeutique, indépendamment des messages préventifs modernes véhiculés, acceptés ou pas, implique le retour dans l'environnement familial, avec tout le risque de délai que cela comporte en guise d'accès au traitement.

Chumkiri, rizières à proximité de forêts fréquentées pour la cueillette par les villageois



Mundolkiri, exploitation en zone de forêt dégradée



Conclusion : La construction incessante d'un champ de connaissances hybride

- 47 La simultanéité des enquêtes, malheureusement pas toujours respectée, est importante dans le cadre d'une recherche interdisciplinaire. Plus qu'un simple panachage, on attend d'elle une capillarité des connaissances. Elle permet à ce que chacune des

disciplines conviées prenne conscience des insuffisances de sa méthode d'investigation. Elle autorise un enchevêtrement des informations recueillies et ouvre la voie à une synthèse innovante, au sein de laquelle la notion de contexte pluridimensionnel tient une place prépondérante pour l'étude présentée. La dimension pluridimensionnelle part de la description des événements visibles émise par la géographie et inclut en même temps les non-dits et les implicites évoqués plus haut. En schématisant à l'extrême, les résultats assemblés mettent en évidence la partialité de la collecte des données épidémiologiques. Cette logique, délibérément entretenue, concourt à minimiser les dynamiques environnementales révélées par les contributions géographique et anthropologique. Un tel constat incite à prévenir les autorités nationales du risque d'une recrudescence paludique en l'absence de politiques adaptées. Celles qui sont en cours sont plus soucieuses d'omettre ce qui nuit à leur image de marque que de dévoiler ouvertement les points faibles à maîtriser. D'un autre côté, les quelques décryptages mis en avant plaident en faveur d'un renouvellement des stratégies d'intervention sanitaire qui mériteraient d'être davantage intégrées pour le mieux-être des populations, et non pas pour un système santé dont le souci majeur semble être sa propre perpétuation au détriment de la performance des actions entreprises.

- 48 Nous avons émis l'idée au départ que les différences de perception (entre sciences) important. Le propos de la rencontre entre savoirs de disciplines différentes ne vise pas à résoudre les divergences d'esprit mais, bien au contraire, de les mettre en avant afin de garder intacte la complexité des phénomènes étudiés (Bedin, 2013). La rencontre entre disciplines invitées à réfléchir conjointement sur la base d'un questionnaire partagé suppose que la déformation présumée n'est, bien souvent, qu'une illusion d'optique. Elle est plutôt le reflet d'un miroir aux multiples facettes qui ne se superposent ni ne se juxtaposent mais qui font sens ensemble, et dont les réverbérations et les jeux de renvoi incitent, par l'échange, à la remise en cause de la rigidité disciplinaire et à la complémentarité retrouvée. Ces deux propriétés méritent d'être entendues comme sources d'enrichissement. Une telle approche, dont il faut sans cesse construire et ajuster la méthode en fonction des axes de recherches choisis, vise à mettre en avant le caractère hybride et profondément complexe des phénomènes étudiés.
- 49 Le cheminement interdisciplinaire parcouru n'a pu, pour des raisons de place, être entièrement retracé. Pour le propos de l'article, et par souci de présentation écrite, nous sommes partis d'une approche géographique qui s'est nourrie des apports de l'anthropologie sociale et culturelle, tout en soulignant la flexibilité de ses coordonnées spatio-temporelles. Fidèle à ce processus d'enchevêtrement des connaissances, l'étude est tout d'abord parvenue à montrer la relation entre localisation du dispositif de traitement, 'valeur' épidémiologique incertaine, et dynamiques environnementales. L'idée de renforcer le système de surveillance épidémiologique en poussant les autorités de santé à combler les lacunes géographiques de l'accès au traitement semblait couler de source. Mais il y a de fortes chances à penser que tel ne fut pas le cas.
- 50 Le parcours de la géographie associé à l'anthropologie nous amène in fine à considérer les relations sinueuses entre l'implantation d'un dispositif de santé assujéti à des logiques de financement contingentes et contraignantes avec les résultats adéquats « bons à montrer » que les acteurs (décideurs, intervenants,

consultants internationaux, régisseurs...) estiment devoir présenter à la communauté locale et internationale. Cela dit, une telle conclusion, si l'on se contente d'en rester là, présente le gros inconvénient de dissimuler les forces politiques qui travestissent le phénomène étudié. Pour peu que ces forces politiques soient prises en considération, en se contentant du peu que nous avons pu observer, une toute autre image ressort, bien plus pessimiste. Il ne suffit pas de confirmer, encore une fois, qu'un système de santé est aussi un système politique mais de souligner l'influence décisive de certains acteurs de santé sur le traitement des données épidémiologiques. Le refus – ou la dissimulation – de toute tentative d'amélioration de la couverture de santé y compris dans certaines régions isolées qui sont les plus vulnérables a peut-être l'avantage fallacieux de ne pas montrer l'importance du paludisme mais risque fortement de concourir à l'aggravation de la situation épidémiologique si le traitement fait défaut.

- 51 Loin s'en faut pourtant de présumer un accord tacite, encore moins d'évoquer un 'complot' entre intervenants de santé. Le consensus ne règne pas et fréquents sont les conflits, directs ou larvés, entre acteurs de santé qui ne partagent pas les mêmes points de vue quant à la restitution de l'incidence et de la prévalence du paludisme. Alors que certains approuvent et encouragent cette mascarade dont ils n'ignorent pas les tenants et les aboutissants, d'autres plaident, mais encore très timidement par crainte de représailles¹⁴, pour une éthique en santé publique jusqu'à présent évanescence. Mais nous entrons là au cœur d'une géographie et d'une anthropologie politiques que ce papier se contente d'explorer en proposant les premiers jalons d'une recherche axée sur la duplicité des interventions publiques/privées dans le domaine de la santé.

BIBLIOGRAPHIE

- Aagaard-Hansen J., (2009). A Comprehensive approach to risk assessment and surveillance guiding public health interventions, *Tropical Medicine and International Health*, 14(9) : 1-6.
- Agence Française de Développement, (2006). *Le système de santé au Cambodge*, Phnom Penh, 5 p.
- Attaran A., (2006). The World Bank : false financial and statistical accounts and malaria malpractices in malaria treatment, *The Lancet*, April 25, 6 p.
- Barthes, Jollivet M., Legay J.-M., (2005). Canevas pour une réflexion sur une interdisciplinarité entre sciences de la nature et sciences sociales, *Natures Sciences Sociétés*, 13(2).
- Becher T., Trowler P. R., (2001). *Academic tribes and territories*, Great Britain, Open University Press.
- Bedin V., (2013). *Pensées rebelles*, Paris, Seuil.
- Bourdier F., (2016). Health inequalities, malaria and public interventions in Cambodia, *Sojourn review*, Singapore. (accepté pour publication le 2 juin 2015, à paraître en mai 2016).
- Bourdier F., (2013). *Homogenization of a therapeutic innovation within a national health policy implemented at the grassroots level in Cambodia*, Lisbon, 7th EuroSEAS Conference, July 2-5th.

- Bourdier F., (2010). *Spatial Mobility and Social Vulnerability to Malaria in three Northern Remote Areas of Cambodia*, Phnom Penh, National Centre for Malaria, 31 p.
- Bourdier F., Chea, B. & Taing S.P., (2010). *Malaria and population dynamics in Cambodia : Ethnographic investigations in Pailin, Samlaut and Trapaeng Prasat*, IRD Marseille/Phnom Penh, 2010, Partners for Development & National Center for Malaria in Cambodia, research document in anthropology, 173 p.
- Bourdier F. & D., (2013). Ménard, La construction d'un partenariat au Cambodge. Négociations et attentes nationales dans le contexte de la lutte contre le sida et le paludisme, In : Laurent Vidal (éd.), *Le Partenariat : complexité et diversité des réalités*, Montpellier, Presses IRD.
- Brownlea A., (1981). From public health to political epidemiology, *Social Science and Medicine*, Oxford, 15D.
- Buchy M., (1993). Histoire forestière de l'Indochine (1850-1954). Perspectives de recherche, *Revue Française d'Outre-Mer*, 80(299) : 219-249.
- Dupas P., (2009). What Matters (and What Does Not) in Households' Decision to Invest in Malaria Prevention ? *American Economic Review, papers & proceedings*, 99(2) : 224-230.
- Gabaldon A., (1969). Global Eradication of Malaria : changes of strategy and future outlook, *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 18 (5) : 641-655.
- Gubry P., (2000). Population et Environnement, in *Population et Développement au Viêt-Nam*, CEPED, Paris, pp. 439-472.
- Grundy J. et al., (2009). Health system strengthening in Cambodia : a case study of health policy response to social transition". *Health Policy*, 92 : 107-115.
- Incardona S., Vong S., Chiv L. et al., (2007). Large-scale malaria survey in Cambodia : Novel insights on species distribution and risk factors, *Malaria Journal*, 6 :37
- Jollivet M. (sous la dir. de), (1992). *Sciences de la nature, sciences de la société : les passeurs de frontières*, Paris, Editions du CNRS, 589 p.
- Kong, S., (2014). Malaria intervention in Cambodia : Who benefits from international Aid ? *International Research Journal of Arts and Social Sciences (IRJASS)*, May, 3(2).
- Kothari U., (2002). *Migration and chronic poverty*, Manchester, Chronic Poverty Research, Centre Institute for Development Policy and Management, University of Manchester, Working Paper 16.
- Martens P. and Hall L., (2000). Malaria on the Move : Human Population Movement and Malaria Transmission, *Emerging Infectious Diseases*, 6(2) : 7-13.
- Ménard D. et al., (2010). Chloroquine Clinical Failures in *P. falciparum* Malaria are Associated with Mutant Pfmdr-1, Not Pfcrt in Madagascar, *PLoS One*, Oct 13, 5(10).
- Meyer M., (2009). Objet-frontière ou Projet-frontière ? Construction, (non-)utilisation et politique d'une banque de données, *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2009/1, 3(1) :127-148.
- Ministry of Health & National Center for Parasitology, Entomology and Malaria Control, (2014). *Annual Progress Report* (January-December 2013), Phnom Penh, Ministry of Health, 42 p.
- Ministry of Health & National Center for Parasitology, Entomology and Malaria Control, (2013). *Annual Progress Report* (January-December 2012), Phnom Penh, Ministry of Health, 39 p.
- Ministry of Health & National Center for Parasitology, Entomology and Malaria Control, (2009). *Annual Progress Report* (January-December 2008), Phnom Penh, , Ministry of Health, 34 p.

Ministry of Health & National Center for Parasitology, Entomology and Malaria Control, (2010). *Village Malaria Worker Project*, Phnom Penh, January 2010, CNM publication, 16 p.

Moreneau G., Bourdier F. & M. Van Pelt, (2006). Cambodia's Health System and its Response to the HIV/AIDS Epidemic in E.J. Beck & N. Mays (eds.), *Dealing with the HIV Pandemic in the 21st Century : health systems' responses past, present and future*, Oxford, Oxford University Press : 270-281.

Mouchet J., Carnevale P., Coosemans M., Julvez J., Manguin S., Richard-Lenoble D., Sircoulon J., (2004). *Biodiversité du paludisme dans le monde*, Coll. Médecine et Société, John Libbey Eurotext, 420 p.

NOTES

1. L'intérêt de mettre en avant le concept d'objet-frontière, utilisé pour la première fois en 1989 (Leith Star & Griesemer, 1989), réside dans le fait qu'il permet de mieux analyser les obligations de négociation et d'organisation entre des acteurs différents travaillant sur des dispositifs communs mais ayant chacun leurs représentations. L'observation de ces situations apporte des connaissances qui peuvent être transférées d'une discipline à l'autre.
2. Le projet SOREMA répondit à l'appel d'offres « Inégalité, Inégalités » de l'Agence Nationale de Recherche (ANR) française privilégiant, à ce moment en 2010, l'approche multi-centrée et transdisciplinaire.
3. Selon les dernières enquêtes en 2012-2013 menées conjointement par le Centre National de Malaria et des agences internationales, les infections par *Plasmodium falciparum* auraient fortement régressé en pourcentage par rapport à celles causées par vivax qui deviendrait alors le mode d'infection dominant (Ministry of Health, 2014).
4. Comme ce fut successivement le cas au Cambodge avec la chloroquine dès la fin des années cinquante, puis avec le sulphadoxine-pyrimethamine et enfin avec la mefloquine dans les années quatre-vingt dix.
5. L'ANR (Agence Nationale de la Recherche), France, finance la recherche nationale sur la base d'appel à projets définis selon des priorités dégagées au niveau national. Elle ne finance que des travaux portés par des organismes de droit français bien que des conventions avec des organismes financeurs étrangers permettent alors de définir des appels d'offre bipartites.
6. Celles-ci nous concernent ici et leur articulation souhaitée nous incite à délaissier provisoirement les autres pour le propos de l'article.
7. Les conditionnalités sont les forces qui président à montrer ou dissimuler (en partie) les données de santé.
8. Partir de la géographie pour aboutir à l'anthropologie est un choix adopté pour le propos de l'article. L'inverse aurait été possible. Par ailleurs, le concours de ces deux disciplines retenues ne reflète pas entièrement la vision du programme collectif réunissant d'autres disciplines qui ne sont pas évoquées ici. On se concentre également sur le travail réalisé au Cambodge.
9. Une étude similaire se réalisa dans les deux autres provinces sélectionnées. Pour celle de Mondolkiri, voir l'article de Simon Tomasi (*Dynamiques Environnementales*, même numéro).
10. Les VMW sont des agents de santé communautaire spécialisés dans le paludisme. Ils sont choisis par le conseil villageois, et autorisés par les autorités sanitaires à diagnostiquer et traiter directement les personnes impaludées. Ils sont mensuellement achalandés en tests rapides et en traitements de première ligne. Pour davantage de précisions sur les modalités d'implantation et de fonctionnement, voir : Bourdier (2013).
11. Selon le dernier rapport de statistique de santé nationale (NHSR) en 2006, le paludisme est la sixième cause de consultation externe, le cinquième problème majeur de santé enregistré chez les personnes hospitalisés, et la troisième cause officielle de mortalité enregistrée au Cambodge.

pour une population totale exposée (résidant dans et aux abords des forêts) estimée à plus de deux millions de personnes. Près de 70 000 personnes ont été traitées pour l'infection par les services de santé en 2009 (Ministry of Health, 2010).

12. En l'état actuel de l'avancement de nos recherches, rien ne permet de considérer une quelconque complicité avec les organisations extérieures.

13. Les renseignements oraux, parfois appuyés par des documents écrits, ont été fournis par des personnes sous le couvert de l'anonymat.

14. Il n'est pas rare que des fonctionnaires du ministère de la Santé soient physiquement et psychologiquement menacés, pour peu que des hauts responsables ou des collègues les soupçonnent de contrecarrer, voire de dénoncer, le système mis patiemment en place. Nous avons eu l'occasion de recueillir plusieurs témoignages de gens littéralement terrorisés suite à des coups de téléphone anonymes répétés, leur enjoignant de faire « attention » à leur santé ainsi qu'à celle de leurs enfants.

RÉSUMÉS

Le programme interdisciplinaire « Sociétés, Résistances, Malaria » (SOREMA : 2012-2015) sur le paludisme et la résistance au traitement de première ligne au Cambodge et au Vietnam réunit une quinzaine de chercheurs provenant des sciences de la santé, des sciences environnementales et des sciences humaines. Le cadre de cette recherche intégrée fait part des interventions publiques et des inégalités de santé dans les écosystèmes naturels et sociaux recomposés de la sous-région du Mékong. La vocation est de produire une synthèse originale susceptible de rendre compte le plus finement possible de la complexité sociale, environnementale et biologique, associée au paludisme. La géographie est partie prenante mais, à l'instar des autres disciplines conviées, on n'attend pas d'elle une contribution isolée. L'interdisciplinarité implique non pas la juxtaposition mais l'articulation effective et une synergie entre les savoirs produits à partir de différents angles d'approche d'une même réalité complexe. Un effort d'élargissement des idées hors de la discipline d'origine est attendu pour chacun des participants. L'interpénétration des connaissances constitue la pierre d'angle de l'ambition du projet traitant d'un problème hybride. Le présent article reprend une étape de la mise en application de ces grandes lignes. Il vise à montrer l'apport mais aussi les limites de l'approche géographique dans le cas précis du projet qui nous intéresse. Ce que nous désignons par 'limites' n'est pas propre à la géographie mais reste inhérent à tout montage disciplinaire soliloque. Après avoir retracé quelques traits saillants retenus par la géographie quand elle aborde les notions de dépistage dans un environnement donné, on se concentre sur la mise en perspective anthropologique qui, avec ses propres méthodes d'investigation complémentaires, offre une vision complémentaire de la réalité sociale.

The interdisciplinary research program « Societies, Resistances, Malaria » (SOREMA 2012-2015) on malaria and resistance to the first line treatment in Cambodia and Vietnam, brings together fifteen researchers coming from health, environmental and human sciences. The frame of this integrated research analyses public interventions and inequality of health in the natural and social ecosystems in the Mekong sub-region. Its goal is to produce an original synthesis showing as precisely as possible the social, environmental and biological complexity linked to malaria to understand the process leading to disease persistence and drug-resistant strains emergence even diffusion. Geography is part of the process, but like the other concerned disciplines, an isolated

contribution is not expected from her. Interdisciplinarity is not just a matter of juxtaposition, but a real articulation and synergy between knowledge issued from various angles and approaches of the same complex reality. An effort to broaden their ideas out of their discipline of origin is awaited from the contributors. The interpenetration of various types of knowledge constitutes the keystone of the ambition of this project dealing with a hybrid problem. This article is one step of this particular process. It aims at showing the contribution as well as the borders of the geographical approach, in the case of this particular research project. 'Borders' are not specific to the geographical field but remain inherent to this kind of interdisciplinary work. After having retraced some geographical salient features dealing with the concept of malaria morbidity in a given environment, we focus on an anthropological perspective which, with its own methods of investigation, comes to enrich the understanding of social reality of the malaria.

INDEX

Mots-clés : Interdisciplinarité, paludisme, Cambodge, rencontre géographique et anthropologique

Keywords : Interdisciplinarity, malaria, Cambodia, geographical and anthropological meeting

AUTEUR

FRÉDÉRIC BOURDIER

UMR 201 Développement et Sociétés (DEVSOC), Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne –
fredericbourdier(at)online.com.kh

Environnement et santé : une approche géographique du paludisme au Mondolkiri (Cambodge)

Entre espaces vécus et pratiques de santé

Environment and Health : a geographical approach of Malaria (Cambodia).

Between lived spaces and health practices

Simon Tomasi et Rath Vanny

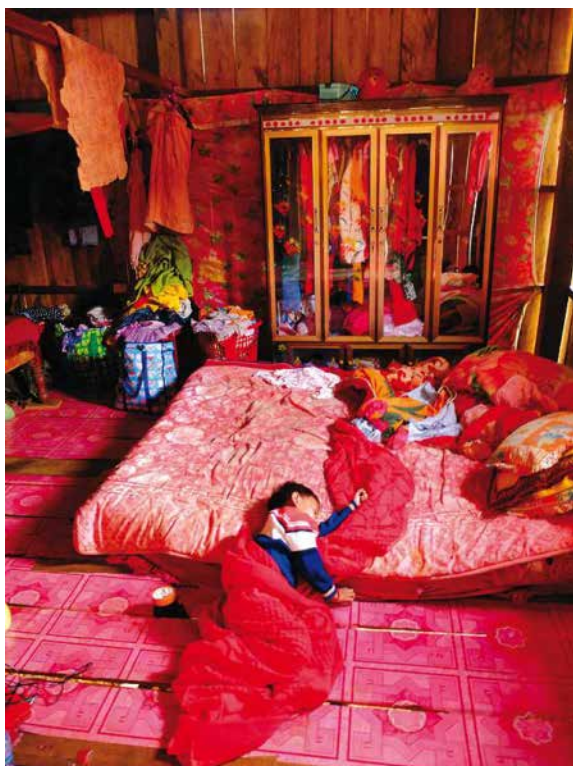
Introduction

- 1 En 2015, le paludisme a touché 214 millions de personnes et causé 438 000 décès (OMS, 2016). Environ 3,2 milliards de personnes sont exposées à cette maladie parasitaire, la plus importante au niveau mondial (OMS, 2016). Grâce à la lutte anti-vectorielle et antiparasitaire menée au niveau national et international sous l'égide de l'OMS, le paludisme a complètement disparu d'Europe et de certains pays du sud, mais reste fortement ancré dans toute la zone intertropicale. La transmission du paludisme, « *bien que subordonnée à la présence de vecteurs, a été et reste essentiellement le fait de l'homme ou de ses activités* » (Mouchet et Carnevale, 2004). À l'encontre d'une conception déterministe et écologiste des risques de transmission de la maladie, plusieurs études ont montré l'importance du rôle de l'être humain, par sa gestion de l'environnement, ses pratiques de santé, de l'espace et de contrôle du vecteur (Handschumacher et Hervouët, 2004 ; Nkondjio *et al.*, 2009).
- 2 La région du Sous-Mékong est un terrain de lutte primordial contre la maladie pour la santé publique au niveau mondial (UN, 2011). Les premières chimiorésistances du parasite à différents traitements ont été découvertes dans cette région, avant de se diffuser au niveau régional, puis mondial : résistance à la chloroquine tout d'abord, apparue pour la première fois dans les années 1960 à la frontière entre le Cambodge et

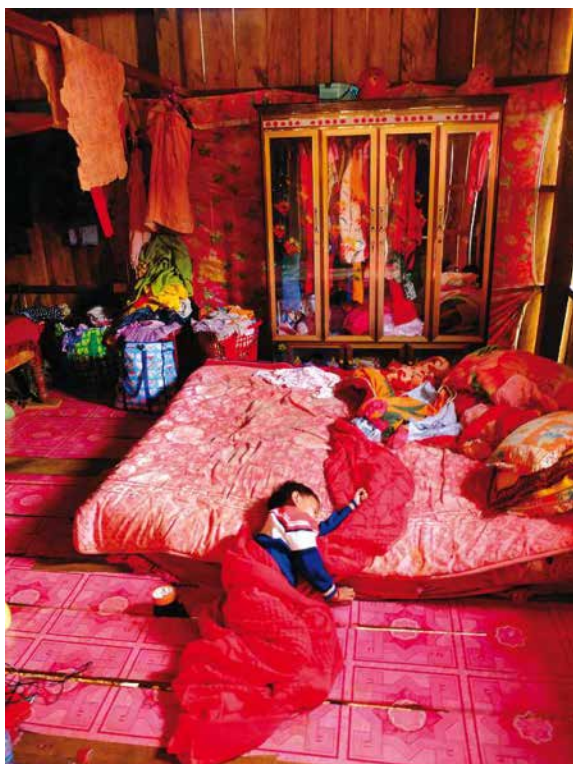
la Thaïlande (Saïssy, 2001), ou à la méfloquine dans les années 1980 (Incardona, 2007). En 2015, plusieurs études ont démontré l'émergence de résistances du parasite aux traitements ACT (*Artemisinin-based Combination Therapy*) (Saunders *et al.*, 2016) dans cette même zone transfrontalière entre le Cambodge et la Thaïlande. Et plus spécifiquement du *Plasmodium falciparum* aux artemisinins et piperaquin (Amaratunga *et al.*, 2015), faisant peser une menace sanitaire sérieuse sur la santé publique de nombreux pays, pour qui il s'agit de la dernière arme contre le parasite du paludisme (UN, 2011). Comparée à certains pays africains, la transmission du paludisme au Cambodge est de faible intensité : 3 cas pour 1000 habitants (OMS, 2012). Toutefois, au niveau régional, le pays connaît le pire taux de morbidité et de mortalité d'Asie du Sud-Est (OMS, 2012).

- 3 Au Royaume du Cambodge, la transmission de la pathologie varie aux rythmes des saisons des pluies, avec un pic entre juillet et décembre. Elle peut aussi être continue dans les régions de transmission endémique. Les principaux vecteurs de la maladie sont *An. Minimus* et *An. Dirus* (Mouchet et Carnevale, 2004), présents principalement dans les régions forestières (Webster, 2000), alors que l'on retrouve peu de cas de transmissions dans les régions de plaines rizicoles. Il existe donc une hétérogénéité spatiale marquée de la répartition de la maladie, avec une concentration à l'ouest et à l'est du pays. Avec des phénomènes de migrations importants (UNCDF, 2010), de déforestation (Global Witness, 2007) et la libre circulation et consommation de nombreux traitements médicamenteux (Forest *et al.*, 2009), les zones transfrontalières du pays restent un terrain propice à la diffusion des parasites *Plasmodium* et de ses chimiorésistances.
- 4 L'intensification de ces phénomènes démographiques et sociaux en zones endémiques de transmission nous invite une nouvelle fois à analyser finement les dynamiques de la maladie, afin de pouvoir mener des interventions pertinentes et intégrées aux contextes particuliers de transmission du paludisme dans ces espaces de périphéries, à l'exemple de la région du Mondolkiri (Est du pays, à la frontière avec le Vietnam).
- 5 Au-delà des facteurs environnementaux écologiques, quels sont les déterminants de production du risque de transmission du paludisme au Mondolkiri ?
- 6 Les résultats de cet article proviennent d'une étude géographique réalisée en Master II de Géographie de la santé à l'université de Nanterre en 2014, sur la variabilité de répartition du paludisme et ses déterminants au Mondolkiri (Cambodge) dans le cadre du projet SOREMA, de recherches sur les chimiorésistances du parasite responsable de la maladie en Asie du Sud-Est.
- 7 Le paludisme soulève des problématiques didactiques essentielles pour la géographie de la santé. En tant que « *maladie environnementale* » (Fontenille, 2015) par excellence, à la fois maladie influencée par des facteurs écologiques, biologiques et sociaux, elle constitue depuis longtemps un objet d'étude de choix pour les géographes qui ont participé à une meilleure compréhension de son « *système pathogène* » (Picheral, 1983). Cette étude sera basée sur une approche globale et systémique de la santé (Fuentes, 2015).

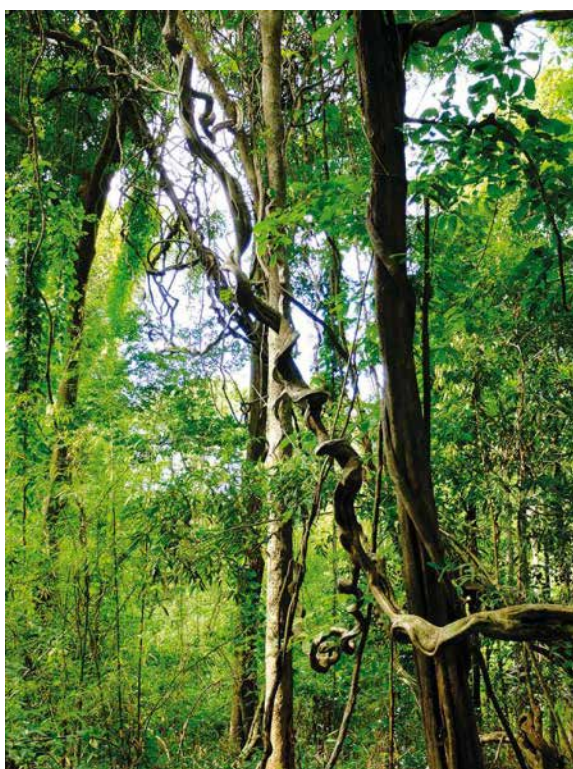
Système écologique, pratiques de l'espace et pratiques à risques : trois ensembles de facteurs déterminants dans le système du paludisme



Cliché : S. Tomasi.



Système écologique, pratiques de l'espace et pratiques à risques : trois ensembles de facteurs déterminants dans le système du paludisme



Matériel et méthode

Aire d'étude

- 8 La province du Mondolkiri est une des plus reculées et sous-développées du Cambodge, et il existe peu de données sur ce territoire et sa population. Elle est située au nord-est du pays, le long de la frontière avec le Vietnam. La province est divisée en 5 régions, 21 communes et 101 villages. La capitale de province est Sen Monorom, elle abrite 7000 habitants. On comptait 36 300 habitants au Mondolkiri en 1999 pour une densité de population de 2 hab/km², et 56 244 habitants en 2009 pour 2,8 hab/km². Le Mondolkiri est la province la moins densément peuplée de tout le Cambodge. Le territoire est à 94 % couvert de forêts (Nomad, 2010).

La province de Mondolkiri (Cambodge)



- 9 En 2009, 50 % de la population de la province appartenait au groupe socio-linguistique Bunong, et 37 % au groupe Khmer (Nomad, 2010). Dans les villages, la population indigène Bunong est majoritaire. Ce groupe ethnique minoritaire au Cambodge possède un mode de vie distinct de la population khmère, comme le souligne l'historien M. Guérin : « la ressource première des Mnongs¹ est la forêt, dont ils tirent presque tout ce dont ils ont besoin. Les ethnologues parlent de « civilisation du végétal » pour marquer l'imbrication de la vie humaine et sociale dans le cadre du végétal, plus ou moins domestiqué » (Guérin, 2003).
- 10 Le paludisme est une des causes les plus importantes de morbidité et de mortalité au Mondolkiri (NHS, 1999), et le poids de cette maladie sur la population est très certainement sous-évalué par les autorités sanitaires, avec de nombreux cas non déclarés aux services publics (Tomasi, 2014). Selon le *National Health Statistics* (NHS, 1999), 7674 cas de paludisme ont été comptabilisés en 1999 pour une incidence de

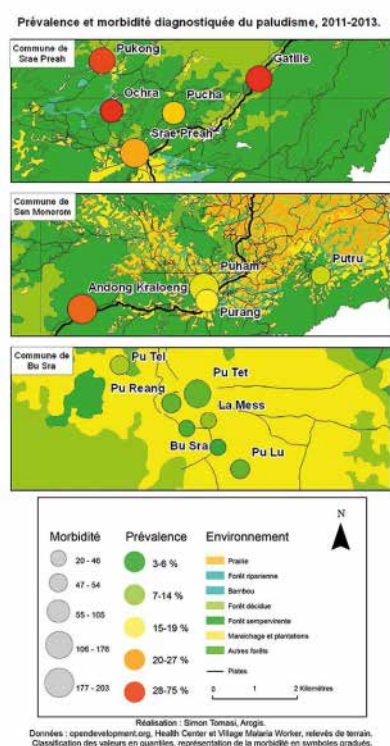
213/1000 habitants, une des plus hautes du pays. Les villages sont situés en grande majorité en zone forestière, zone d'activité vectorielle intense. Ainsi, selon le *National Center for Parasitology Entomology and Malaria Control* (CNM), les populations des zones forestières représentent près de 25 % des cas enregistrés dans le pays, bien qu'elles ne constituent que 2 % de la population nationale (CNM, 2011). L'infection par le parasite de type *P.falciparum* reste la plus fréquente dans notre zone d'étude, 40 % contre 62 % au niveau national. Le *P.vivax* est la seconde espèce infectante, 27 % des cas contre 33,5 % au Cambodge (Tomasi, 2014). L'originalité réside dans l'importance des accès palustre diagnostiqués « mixtes » (par les deux parasites) : avec 33 % alors qu'elles ne représentent que 1,6 % pour le reste du pays (Tomasi, 2014). Le paludisme touche en priorités les hommes avec 63 % des cas diagnostiqués (Tomasi, 2014).

- 11 Les traitements ACT sont distribués gratuitement dans toutes les structures publiques après vérification de la présence du parasite par un test (*Test de Diagnostic Rapide* ou microscopie). La mesure la plus importante pour lutter contre le paludisme reste la formation d'agents communautaires au diagnostic et traitement du paludisme, choisis par consensus au niveau local. Initié dans le cadre d'un programme de Contrôle du Paludisme de l'Union Européenne, ce projet baptisé « *Village Malaria Worker* » (VMW) a permis à quelques 300 villages, classés comme les plus vulnérables du pays, d'accéder aux tests diagnostics et aux traitements médicamenteux directement au niveau communautaire.

Méthodologie et données

- 12 Pour pallier à l'absence de données sur les villages de la région, un questionnaire sociodémographique (ressources des villageois, activités économiques, mobilités des populations, données culturelles) a été présenté aux chefs des villages avec l'aide d'une traductrice Bunong, dans le but de pouvoir différencier et caractériser les villages. Une étude géographique de l'écologie des villages a été menée, grâce aux données spatialisées relatives à l'environnement écologique et aux aménagements territoriaux, provenant du site participatif opendevelopmentcambodia.org, avec le logiciel Savgis.
- 13 Parallèlement à ce travail d'enquête, les données de morbidité du paludisme ont été étudiées et géo-localisées grâce aux registres de l'Hôpital de district à Sen Monorom, des Centres de santé (Health Center, HC), et des Villages Malaria Workers (VMW). Cet ensemble de données nous renseigne sur la morbidité du paludisme diagnostiquée par les organismes publics dans notre zone d'étude.
- 14 Cette carte présente la répartition de la morbidité et de la prévalence du paludisme diagnostiquée par les HC et les VMW sur 3 ans, entre 2011 et 2013 pour les trois communes étudiées ainsi que leurs environnements écologiques. Les prévalences sont particulièrement élevées. Il faut prendre en compte que chaque personne peut être diagnostiquée positive plusieurs fois sur une année. En calculant la prévalence, nous nous affranchissons de la taille de la population, pour illustrer le poids de la maladie sur les villages à une période donnée (3 ans).

Figure 1 : Prévalence et morbidité diagnostiquée du paludisme, 2011-2013



- 15 Une répartition marquée apparaît entre les villages. Les taux maximums de prévalence se retrouvent dans la commune de Srae Preah. Ochra présente une prévalence de 75 %, suivi par Gatille et Pukong avec 36 %. Les villages avec les prévalences les plus élevées se situent en majorité dans un paysage de forêt sempervirente ou mixte (riziculture et forêt).
- 16 Les villages de la commune de Sen Monorom représentent les valeurs médianes, à l'image de Puham et Purang, avec respectivement 15,24 et 17,25 % de prévalence. Ces villages sont situés à l'interface entre le paysage des hautes collines et la forêt sempervirente.
- 17 Les villages de la commune de Bu Sra concentrent les valeurs les plus basses, le paludisme y est résiduel. La prévalence pour La Mess est de 3,66 % et de 3,71 % pour Pu Char. Ces villages sont situés en zones de plantations (hévée, café, poivres) et de maraîchages.
- 18 Paysages des hautes collines dans la commune de Sen Monorom, champs en forêt dense à Gatille (période de semence du riz, mars), riziculture en plaine à Srae Preah (juillet) et paysage de maraichage et de plantations à Keo Seima (période de semence, mars).
- 19 Dans un deuxième temps, nous avons sélectionné 4 villages aux profils socio-économiques et épidé-miologiques différenciés (Gatille, Putru, Ochra, Bu Sra). Un questionnaire de foyers a été élaboré et des variables de risques de transmission et de vulnérabilités ont été collectées (connaissance et pratiques liées au paludisme, pratiques de santé et de l'espace, variables socio-économiques, morbidité sur la dernière année). Plus de 80 % des foyers de chaque village ont été enquêtés (130 enquêtes réalisées sur 4 villages).

Entretien et questionnaire, village de Gatile

- 20 Ces enquêtes dans les foyers ont été accompagnées d'un travail de recherche qualitatif important, inspiré de méthodes empruntées à l'ethnographie et la sociologie ; méthode d'enquête de terrain de « *l'observation flottante* » (Pétonnet 1982) et selon les principes de la théorie ancrée (« *grounded theory* ») (Strauss et Glaser 1995). En mettant à profit les heures où il n'était pas possible d'enquêter efficacement dans les foyers (de 10 h à 17 h), nous avons mené des entretiens avec les acteurs locaux (VMW, médecins des centres de santé, médecins traditionnels, pharmaciens, anciens du village) et partagé le quotidien de familles (activités agricoles, cérémonies traditionnelles). Ce travail nous a permis d'orienter et de donner du sens aux données quantitatives provenant du questionnaire de foyer.

A-Paysages des hautes collines dans la commune de Sen Monorom



Cliché : S. Tomasi.

B- Champs en forêt dense à Gatile (période de semence du riz, mars)



Cliché : S. Tomasi.

C- Riziculture en plaine à Srae Preah (juillet)



Cliché : S. Tomasi.

D- Paysage de maraichage et de plantations à Keo Seima (période de semence, mars)



Cliché : S. Tomasi.



Entretien et questionnaire, village de Gatille



Cliché : S. Tomasi.

Analyse

- 21 Suite au travail d'enquête auprès des chefs de villages, une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a été réalisée (un outil permettant de réaliser une synthèse

régionale). La CAH nous a permis d'identifier trois classes de villages, pour une analyse de la variance de 73,16 %. Les variables choisies pour cette classification regroupent les déterminants de risques de transmission et de vulnérabilités des populations à l'échelle collective.

- Le pourcentage d'occupation du sol de l'environnement forestier dans un rayon de 3 kilomètres autour des villages. Cette variable a été calculée avec le logiciel *Savgis* et le *shapefile* d'occupation du sol au Mondolkiri de 2006 (opendevelopmentcambodia.org)
 - Le % de foyers pratiquant des activités en forêt par village (chasse, pêche, coupe de bois, récolte de résine).
 - Le % de foyers ne possédant pas de véhicules.
 - Le temps de déplacement estimé entre le village et le centre de santé pour un diagnostic et le traitement d'une crise de paludisme.
 - La présence d'une ou plusieurs autres offres de soins (traditionnelles, privées) au village.
- 22 Les variables présentant des quantités, relatives aux temps de déplacement entre le village et le centre de santé ainsi que sur la présence d'offres de soins privées et traditionnelles, ont été traitées en analyse factorielle puis ajoutées dans un second temps à la CAH. Ces données sont représentées ci-dessous par la variable FAC1.
- 23 La première classe (CO1) regroupe des villages caractérisés par un environnement forestier peu important, très peu d'activités en forêt des habitants, peu de villageois sans véhicules et un accès facilité aux centres de santé privés et publics : village de Pulu, Putet, Putil, Busra, Bucha, La Mess.

Lever de soleil sur les « Hauts-Plateaux », commune de Sen Monorom

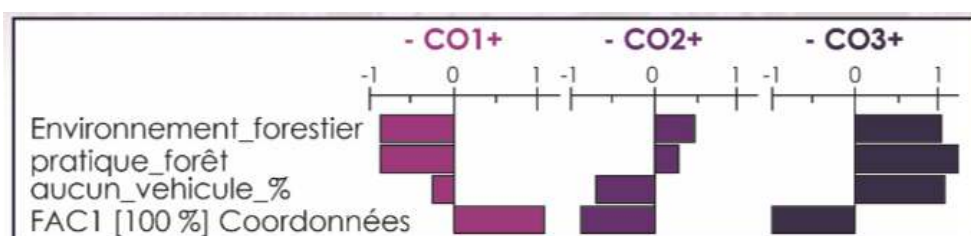


Cliché : S. Tomasi.

- 24 La deuxième classe (CO2) est caractérisée par une présence faible de l'élément forestier, peu d'activités en forêt pour les villageois, très peu de villageois sans véhicules, et une accessibilité réduite aux centres de soins privés et publics : Putru, Puham, Srae Preah, Pucha.

- 25 La troisième classe (CO3) représente les villages situés en zone forestière, dont les habitants ont en grande majorité des activités en forêt, où peu d'habitants possèdent un véhicule, et avec une accessibilité très faible aux centres de soins privés et publics : Pukong, Ochra, Gatille, Purang, et Andong Kraloeng.
- 26 Nous avons ensuite analysé la distribution de la prévalence du paludisme au sein de chaque classe de village (Khi2).
- 27 Puis les caractéristiques socio-environnementales des villages ont été comparées à la variabilité de répartition des cas de paludisme avec le logiciel *Savgis* (khi2 avec un seuil de confiance à 5 %), afin d'analyser l'importance des déterminants collectifs sur la morbidité du paludisme : quelles sont les modalités de transmission diagnostiquées et de recours aux soins pour les populations ? Avec une attention particulière aux exceptions, qui prennent « *autant d'importance que la règle, y compris en matière d'impact opérationnel pour la lutte contre la maladie* » car ils permettent de déceler des groupes ou pratiques particulièrement à risques (Handschemacher et Hervouët, 2004).
- 28 Avec les données quantitatives tirées du questionnaire de foyer, plusieurs analyses statistiques ont été menées (calcul d'un OR, ANOVA, avec le logiciel *Tanagra*) afin d'observer d'éventuelles relations significatives statistiquement entre variables. Nous nous sommes concentrés sur un certain nombre de variables, d'après nos hypothèses de recherche et les observations de terrain. Les résultats ont été sanctionnés par le test exact de Fisher et nous n'avons retenu que ceux significatifs à un seuil de confiance de 5 %. Cette étape a permis de révéler les variables déterminantes pour la répartition de la morbidité entre les foyers interrogés, à l'échelle individuelle.

Figure 2 : CAH sur les variables au niveau collectif



Résultats

Distribution de la prévalence selon les classes de villages (tableau 1)

- Nous avons testé la répartition de la prévalence selon les classes de villages différenciés par la CAH (**figure 1**). Il existe une relation statistiquement significative entre la distribution de la prévalence au sein des villages de la classe 1 et 3, que nous ne retrouvons pas pour les villages de classe 2. Il est donc nécessaire d'approfondir sur les variables collectives à l'origine de la variabilité de répartition de la morbidité entre les villages.

Tableau 1

Distribution à tester	Condition	ddl	p	Khi2	Résultat	Relation
Prévalence	Classe 1	2	0,05	5,992	7,384	Dépendance
Prévalence	Classe 2	2	0,05	5,992	5,8	Indépendance
Prévalence	Classe 3	2	0,05	5,992	6,088	Dépendance

Prévalence selon l'environnement écologique (tableau 2)

- Nos résultats montrent une relation entre la prévalence à l'échelle des villages et leur environnement écologique ; pour les villages environnés à plus de 70 % par un environnement forestier dans un rayon de 3 km et pour les villages environnés à plus de 70 % par des systèmes d'occupation du sol autres dans un rayon de 3 km (urbain, maraichage, riziculture).

Tableau 2

Distribution à tester	Condition	ddl	p	Khi2	Résultat	Relation
Prévalence	Villages avec environnement forestier supérieur à 70%	2	0,05	5,992	10,44	Dépendance
Prévalence	Villages avec environnement forestier inférieur à 30%	2	0,05	5,992	12	Dépendance

Prévalence selon les pratiques de l'espace (tableau 3)

- Le pourcentage de foyers pratiquant une activité en forêt (chasse, pêche, récolte de résine) pour chaque village et la prévalence de paludisme diagnostiqué sont corrélés statistiquement.

Tableau 3

Distribution à tester	Condition	ddl	p	Khi2	Résultat	Relation
Prévalence	Village avec > ou = de 50 % des foyers pratiquant une activité en forêt	2	0,05	5,992	9	Dépendance
Prévalence	Village avec < ou = de 20 % des foyers pratiquant une activité en forêt	2	0,05	5,992	8,82	Dépendance

Prévalence selon l'accès aux soins (tableau 4)

- Selon notre analyse, il n'y aurait pas de relation entre la prévalence diagnostiquée par village et la proximité avec un centre de santé.
- Cependant nos résultats montrent une relation entre la distribution de la prévalence diagnostiquée par les centres de santé ou les VMW et les villages avec une accessibilité réduite aux centres de santé (> ou = 6 h de transport).
- Il existe une relation similaire entre la prévalence diagnostiquée de la dysenterie et les villages avec une accessibilité réduite aux centres de santé (> ou = 6 h de transport).

Tableau 4

Distribution à tester	Condition	ddl	p	Khi2	Résultat	Relation
Prévalence	Villages avec centres de santé proches (< 2h)	2	0,05	5,992	0,7	Indépendance
Prévalence centre de santé	Villages avec centres de santé relativement proche (4h) et disposant d'un VMW	2	0,05	5,992	1,5	Indépendance
Prévalence centre de santé	Villages avec centres de santé lointains (> ou = 6h)	2	0,05	5,992	19,55	Dépendance
Prévalence VMW	Villages avec centres de santé relativement proche (4h)	2	0,05	5,992	20,57	Dépendance
Prévalence dysenterie	Villages centre de santé lointains (> ou = à 6h)	2	0,5	5,992	8,074	Dépendance

Prévalence selon les pratiques de l'espace des foyers (tableau 5)

- La pratique d'une activité en forêt est corrélée à la prévalence par foyers (nombre de personnes infectées par foyer / nombre de personnes non-infectées par foyer durant l'année), et à la prévalence chez les hommes de 15 à 45 ans.
- La prévalence par foyer est aussi associée statistiquement à la pratique de l'agriculture sur brûlis.

Tableau 5

Variable	Modalité	Test	Valeur	p
Prévalence foyer	Activités en zone forestière	Fisher	14,763016	0,000209
Prévalence pour les hommes de 15 à 45 ans	Activité en zone forestière	Fisher	3,642804	0,000593
Prévalence foyer	Pratique de l'agriculture sur brûlis	Fisher	4,082959	0,045863

Prévalence selon la variable économique des foyers (tableau 6)

- Les foyers ont évalué leur confort économique entre quatre options (difficile, juste, confortable, très confortable). Ce résultat est corrélé avec la morbidité par foyer.

Tableau 6

Variable	Modalité	Test	Valeur	p
Morbidité par foyer	Ressenti confort économique	Fisher	2,91131	0,038023

Prévalence selon pratiques et prévention (tableau 7)

- Selon nos résultats, le temps de réaction moyen d'une famille face à l'apparition d'un ou plusieurs symptômes du paludisme entre en relation significative statistiquement avec la prévalence de la maladie au sein du foyer ainsi que sur la fréquence d'apparition de crises de paludisme grave².
- D'autre part, la non-utilisation de moustiquaires est corrélée à la prévalence du paludisme pour la population de 0 à 15 ans. Mais aussi avec le nombre d'homme de 45 ans déclarant n'avoir jamais connu de crises de paludisme.

Tableau 7

Variable	Modalité	Test	Valeur	p
Prévalence foyer	Temps de réaction avant la prise du traitement	Fisher	4,33014	0,006446
Crise de paludisme grave	Temps de réaction avant la prise du traitement	Fisher	3,397695	0,020661
Morbidité de 0 à 15 ans	Non-utilisation de moustiquaire	Fisher	9,997767	0,002049
Homme de 45 et plus déclarant 0 crise de paludisme	Non-utilisation de moustiquaire	Fisher	4,409033	0,038145

Prévalence selon l'environnement domiciliaire (tableau 8)

- La prévalence chez les 0 à 15 ans est corrélée statistiquement avec l'environnement domiciliaire mixte (végétation basse et arborée).

Tableau 8

Variable	Modalité	Test	Valeur	p
Prévalence chez la population de 0 à 15 ans	Environnement domiciliaire mixte (végétation basse et arborée)	Fisher	9,718064	0,000046

Prévalence selon qualité du bâti (tableau 9)

- Il existe aussi une relation statistique entre la morbidité par foyer et la qualité de construction du domicile.

Tableau 9

Variable	Modalité	Test	Valeur	p
Morbidité par foyer	Qualité du foyer	Fisher	3,997786	0,007493

Résultat qualitatif : Quand les pratiques de soins influent sur la prévalence diagnostiquée

- 29 La morbidité diagnostiquée ne tient compte que des cas de paludisme qui ont été traités dans les centres de santé publics et par les VMW, et dont l'infection par un *plasmodium* a été établie suite à un test (au microscope, ou avec un Test de Diagnostic Rapide). Ainsi, cet indice ne tient pas compte du nombre de malades qui recourent à d'autres formes de soins (centres de santé privés, médecine traditionnelle, automédication), des personnes malades mais asymptomatiques, ou encore des personnes en refus de soin (à cause des difficultés à accéder au centre de soin, par le coût du traitement, pour des raisons culturelles). Ainsi, la morbidité diagnostiquée ne peut pas nous renseigner sur la prévalence réelle du paludisme au sein d'une population donnée, il est donc essentiel de s'interroger sur les pratiques qui pourraient influencer sur le sous-diagnostic de cette maladie.
- 30 Les croyances traditionnelles des Bunongs (plus de 60 % de la population de notre zone d'étude) peuvent se rapprocher de l'animisme. Le monde est divisé en deux réalités : le

visible et l'invisible. Différentes entités vivent et évoluent dans l'environnement naturel (forêt, rivières, montagnes). Il devient alors primordial de prendre en compte « l'espace social » des populations étudiées, soit un « *espace déterminé par l'ensemble des systèmes de relations, caractéristiques du groupe considéré* » (Condominas, 1957). L'ethnographe Condominas souligne le poids de cette espace symbolique pour les Bunongs, « *celui que traduit, notamment les relations supposées avec les êtres de la surnature, l'espace représenté (imaginaire à notre point de vue). Celui ci reste inséparable, à leur yeux, de l'environnement (le seul élément que nous, nous percevons) et commande leur système symbolique et une grande partie de leur système de valeurs* » (Condominas, 1957). Ces croyances vont influencer fortement leur manière de concevoir la santé et leurs recours aux soins. La maladie chez les Bunongs peut être causée par différents acteurs surnaturels, et ne peut alors être guérie traditionnellement que par l'action d'un *kru hom* (shaman). C'est le cas de la colère des esprits, qui peut provenir d'un manque de respect au *bra*³ (esprit de la forêt), ou de l'action d'un esprit maléfique ou d'un sorcier (*chiak*) ou encore suite à la transgression d'un tabou (*werr*), une notion très importante traditionnellement pour les Bunongs. Les lieux sacrés où résident les esprits de la forêt sont soumis à certaines règles, et ne pas les respecter peut amener l'esprit à tourmenter le fautif. En quelques jours, l'esprit en colère peut pousser sa victime proche de la mort, si une cérémonie avec un sacrifice animal n'est pas réalisée. « *Dans leur thérapeutique, les Mnongs s'attaquent simultanément à la cause surnaturelle et à l'effet physiologique de la maladie* » (Maurice, 1995). Les esprits peuvent apporter la fièvre, les maux de têtes, les vomissements chez une personne. Il est donc nécessaire de se pencher sur la nosologie chez les Bunongs, les critères de classification de la maladie, pour comprendre les déterminants de leur recours aux soins « occidentaux » et donc au dépistage et au traitement du paludisme.

- 31 Cela est encore plus pertinent lorsqu'il s'agit du paludisme, pathologie dont les symptômes peuvent varier selon l'intensité de la crise et l'immunité développée des individus.
- 32 Traditionnellement, les populations Bunongs ne perçoivent pas la maladie comme étant due à l'infection par un parasite, et définissent l'accès morbide selon les symptômes qu'ils éprouvent. « *Je ne sais pas si j'ai eu la malaria, j'ai des fois chipo et chikat (mal de tête et fièvre) mais je ne vais pas au centre de santé faire un test* » (femme de 70 ans, Bu Sra). « *Je n'ai jamais eu la malaria, mais j'ai des fois chikat (fièvre), c'est une sorte de malaria* » (Putru, femme de 25 ans). La méconnaissance de la maladie, et le non-recours systématique au dépistage, peuvent être un frein à l'éradication du parasite dans une communauté. Lors d'un accès palustre intense, les Bunongs savent qu'ils peuvent souffrir de « *Chipo Chikat* » (paludisme). Mais lors de crises légères, les causes perçues de la maladie peuvent être multiples, et ne pas déboucher sur un test de diagnostic rapide. « *Parfois quand je coupe les herbes dans le champ, il se met à pleuvoir, et je sais que je vais avoir la malaria* » (homme de 45 ans, Gatille). Le lien est fait entre la survenue de la maladie et l'environnement, mais les populations n'ont pas toujours connaissance de l'action du parasite. Ne se sachant pas infestées par un parasite, il est courant de trouver des personnes souffrant de symptômes qui pourraient correspondre au paludisme, et qui attendent d'aller mieux sans prendre de traitement. Il est important de signaler qu'avant 1993, il n'y avait qu'un médecin à Sen Monorom, et aucun dans les villages. La route nationale jusqu'à Phnom Penh, la capitale du pays, n'est utilisable que depuis une dizaine d'années, et avant cela il n'y avait que très peu d'opportunités de soins autres que traditionnelles (Tomasi, 2014). Aussi, dans des communes comme Srae Preah, où le

mode de vie Bunong est entretenu par certains chefs de village et la population, le recours au « shaman » est fréquent. L'environnement culturel comme la multiplicité des symptômes du paludisme peuvent expliquer le recours relativement faible aux soins de certains villageois, à Pucha ou encore Srae Preah, alors qu'ils sont en contact quotidien avec le vecteur de la maladie, comparé à la situation dans des villages tels que Gatille ou Andong Kraoleng, où les pratiques de santé ne sont pas autant déterminées par ces croyances traditionnelles.

Discussion

- 33 L'environnement écologique joue un rôle important sur le risque de transmission. Les villages environnés à plus de 70 % par la forêt sur trois kilomètres ont une prévalence significativement plus forte que les autres villages : de 39 % contre 9 % en moyenne pour le reste des villages. Ce résultat nous éclaire sur les risques de transmission existant à l'intérieur des villages, selon l'environnement naturel et l'activité vectorielle spécifique associée : elle est beaucoup plus intense en zone de forêt dense.
- 34 La relation est aussi intense pour la situation inverse. Les villages avec une occupation du sol autre que le milieu forestier sur 3 km, égale ou supérieure à 70 % (plantations, urbain, prairies, etc.), ont une très faible prévalence du paludisme : en moyenne 7,99 % contre 30,86 % pour le reste des villages. L'anophèle vecteur du parasite *Plasmodium* ne semble pas avoir une activité intense dans ces villages, contrairement aux villages situés en forêts.
- 35 Toutefois, ces résultats nécessiteraient d'être approfondis par une étude entomologique sur la productivité et l'activité du vecteur pour chaque espace forestier spécifique (sempervirent, décidue, riparien etc.).
- 36 La variable de l'environnement domiciliaire est aussi significative statistiquement avec la transmission du paludisme. Les foyers entourés de végétations mixtes (végétations basses et arborées) voient les enfants entre 0 et 15 ans environ 7 fois plus touchés par le paludisme que les foyers entourés d'une cour ($P : 0,0004$). Dans les villages, les enfants peuvent rester à la maison pour s'occuper des plus jeunes jusqu'à environ l'âge de 15 ans, avant de participer plus activement aux activités économiques des adultes. L'activité vectorielle semble être plus importante autour des maisons présentant un environnement domiciliaire mixte. Les enfants de ces foyers peuvent être exposés de manière plus significative au risque de contamination dans le village et au sein de leur domicile ; et non pas seulement lorsqu'ils accompagnent leurs parents aux champs.
- 37 Mais l'environnement écologique ne détermine pas à lui seul le risque de transmission. Nos résultats démontrent l'importance des pratiques de l'espace sur la morbidité. Les villages dont 50 % et plus des foyers pratiquent une activité en forêt (coupe de bois, chasse, pêche, collecte de résine) ont une prévalence moyenne supérieure significativement : 33,26 % contre 8,67 % pour le reste des villages. Ce résultat peut nous renseigner sur l'intensité des risques de transmission à l'extérieur du village : les villageois pratiquant une activité en forêt se retrouvent plus exposés que les autres habitants de la région. Nous pouvons aussi relever une relation significative entre la distribution de la prévalence chez les 16-26 ans et les villages dont 50 % ou plus des foyers pratiquent une activité en forêt. La prévalence diagnostiquée dans cette tranche d'âge pour les villages concernés est de 25 % contre 19 % pour le reste des villages. Les 16-26 ans ont la spécificité, dans la région étudiée, de pratiquer la coupe de bois,

activité illégale en plein essor. Le bois est ensuite transporté au Vietnam pour y être vendu. Les groupes d'hommes peuvent rester jusqu'à une semaine dans la forêt, travaillant nuit et jour, en contact avec des populations d'autres villages.

- 38 La pratique de la culture sur brûlis ressort aussi comme un facteur de risque pour la morbidité au foyer ($P : 0,02$). Dans les villages enquêtés, les foyers pratiquant le brûlis (environ 50 %) présentent une morbidité de 20 % supérieure aux autres foyers. La pratique du brûlis demande de passer beaucoup de temps à la lisière et dans la forêt pour dégager le terrain et préparer la terre avant la période des semailles (parfois plusieurs mois). Il s'agit d'une activité qui se pratique en famille, qui est alors toute entière exposée au vecteur.
- 39 Cependant, il faut se méfier de la « *culturalisation* » de la maladie comme nous avons pu l'entendre dans le discours de certains acteurs de la santé au Mondolkiri. Certes, les pratiques « culturelles » de l'espace des Bunongs constituent des pratiques à risque de contamination, mais nous ne pouvons pas nous limiter à cette seule explication pour les taux de prévalences élevés étudiés. Si la transmission du parasite est encore forte et en augmentation dans cette région, c'est avant tout par l'activité croissante des populations en forêt, pour la coupe illégale de bois précieux, qui concernent les populations des communes étudiées mais aussi de toute la province, voir des provinces voisines. Ces activités sont au cœur des dynamiques vivaces de transmission du paludisme dans la province. Nous pouvons nous inspirer des travaux effectués sur le saturnisme à Paris par l'anthropologue et sociologue Didier Fassin, pour qui « *la santé publique apparaît comme le seul langage dans lequel il est encore possible de traiter du social* » (Fassin, 2003). Tout comme pour le saturnisme, le paludisme ne peut pas être résumé que par la mise en avant de certaines pratiques culturelles. Il est nécessaire de déconstruire et comprendre les enjeux, politiques et sociaux à l'origine de ces comportements. C'est peut-être encore plus vrai au Cambodge, où ce sont les migrants et minorités indigènes du pays, populations marginalisées quand ce n'est pas méprisées, qui s'adonnent au travail pénible de la coupe de bois : assaillis par les moustiques, en camp de fortune pendant plusieurs jours dans la forêt, gavés de médicaments pour lutter contre les accès de crises palustre (Tomasi, 2014) ou d'amphétamines pour supporter jour et nuit la charge harassante de travail (Sorema, 2014), et tout cela pour disposer d'un moyen de subsistance. Parallèlement, si ces populations contribuent au renforcement et à la diffusion des chimiorésistances du parasite, par un mauvais recours aux traitements ou à l'automédication, c'est bien la conséquence de leur très faible accessibilité à un système de santé efficace. Le raisonnement vaut aussi pour les migrants khmers, travailleurs dans les plantations d'hévéa ou de poivre, accusés par les autorités de diffuser le parasite et ses chimiorésistances. Il est important de ne pas tomber dans le « *victim blaming* » (Lupton, 2013). Ces populations, délaissées et parfois discriminées par le pouvoir national, se retrouvent maintenant au cœur de politiques de coopération internationale pour la lutte contre le paludisme. C'est l'occasion d'évoquer la vulnérabilité particulière de ces populations, responsable de l'apparition des chimiorésistances ou d'une prévalence forte et continue du paludisme. Et peut-être de pouvoir proposer des démarches innovantes pour diminuer les transmissions du parasite et améliorer l'accès aux soins.
- 40 Il est aussi primordial de s'interroger sur le poids de l'accessibilité aux soins sur la morbidité diagnostiquée : quelle peut-être l'importance de la « morbidité cachée », de la morbidité sous-diagnostiquée ? Les villages les plus éloignés (6 heures et plus) ont

une prévalence diagnostiquée par les centres de santé très faible : 21 % de leur prévalence diagnostiquée par les centres de santé en moyenne contre 77 % pour les villages plus proches.

- 41 L'étude de la prévalence de la dysenterie vient apporter un élément à l'analyse de ce résultat. Pour cette pathologie, nous observons aussi une baisse significative de la prévalence diagnostiquée pour les villages les plus éloignés (6 heures ou plus) : elle n'est que de 3,63 % contre 10,71 % pour le reste des villages. Le diagnostic de la dysenterie comme du paludisme par les centres de santé est inférieur dans ces villages, et nous pouvons émettre l'hypothèse qu'il s'agit là d'une conséquence de l'accessibilité faible à ces centres de soins.
- 42 Parallèlement, il existe une différence marquée et significative statistiquement de la prévalence diagnostiquée par les VMW pour les villages à 4 heures ou plus des centres de santé. Les VMW diagnostiquent alors 78 % des cas de paludisme contre 66 % des cas pour les villages à moins de 4 heures de route des centres de santé, et disposant eux aussi d'un VMW. Ce résultat nous montre que la présence des VMW permet, pour le moins, de réduire les inégalités spatiales d'accès à l'offre de soin. Les populations des villages les plus éloignés ne feront pas nécessairement l'effort de se rendre jusqu'au centre de santé lors d'un épisode morbide, l'accès à un VMW est alors déterminant pour le diagnostic du paludisme.
- 43 Ces trois derniers résultats nous interpellent pour les villages ou hameaux, éloignés des centres de santé et dépourvus, temporairement ou indéfiniment, de VMW : il existe très certainement pour ces villages une morbidité cachée du paludisme, dont nous n'avons pas connaissance d'après les résultats de la morbidité diagnostiquée par les pouvoirs publics. Les villages bénéficiant de la politique des VMW ont été choisis, au pire au hasard, au mieux selon les aprioris des décideurs. D'une certaine manière, nous ne récoltons des données de morbidité que dans des zones où *l'on s'attend à trouver des cas de paludisme* et donc où les pouvoirs publics ont disposés un VMW. Les autres villages, sont eux, dépourvus de traitements.
- 44 Les pratiques de santé et comportements face à la maladie déterminent aussi la variabilité du risque de transmission entre les foyers. Il existe une différence nette de prévalence entre les foyers selon le temps de réaction entre l'apparition des symptômes du paludisme et la prise du traitement antipaludique ($p : 0,006$). Les foyers où la prise du traitement intervient dès l'apparition des symptômes ont une prévalence de 20 % inférieure à ceux réagissant au bout de trois jours ou plus. Les personnes qui attendent avant de se soigner, ou ne se soignent pas, constituent un « réservoir » de parasite au sein du domicile, et chaque anophèle qui se nourrira de leur sang sera susceptible de transmettre la maladie aux autres membres de la famille. La survenue de crise grave de paludisme est aussi plus importante (de 3 fois) pour les foyers qui attendent trois jours ou plus avant de prendre le traitement.
- 45 La non-utilisation de moustiquaires a deux conséquences significatives statistiquement selon notre enquête : les enfants de 0 à 15 sont plus touchés par le paludisme ($p : 0,002$). L'immunité dans cette tranche d'âge n'est pas encore fortement développée, les enfants sont donc particulièrement vulnérables. À l'inverse, la prévalence du paludisme serait plus faible chez les hommes de 45 ans et plus. On retrouve une relation forte entre les foyers qui n'utilisent pas de moustiquaires et le nombre d'hommes ayant déclaré n'avoir jamais souffert de paludisme : leur immunité

peut être particulièrement développée, ou il s'agit de personne ayant toujours vécu avec la maladie et n'ayant jamais consulté les services publics de santé.

- 46 Nos questionnaires mettent en avant une relation significative statistiquement entre la morbidité par foyers et le ressenti de richesse des ménages ($p : 0,03$) : les foyers ont défini leur situation économique selon quatre propositions (confortable, moyenne, juste, ou difficile). Les foyers les plus « aisés » et ceux en situations les plus difficiles ont un taux de morbidité statistiquement 2 fois plus élevé que le reste des ménages. Cela peut indiquer deux faits. Un meilleur accès aux soins pour les personnes les plus aisées financièrement, qui disposent d'un véhicule pour se rendre au centre de santé et pour qui le coût du traitement n'est pas une barrière. Ou alors une morbidité plus importante pour les foyers les plus démunis, qui travaillent majoritairement en famille aux champs, enfants compris. Chaque membre de la famille est ainsi exposé au vecteur. De plus, leur logement est bien souvent vétuste, ce qui aura aussi déterminant.
- 47 En effet, pour chaque foyer, nous avons caractérisé le type et la qualité de l'habitat. Il existe une relation entre la morbidité par foyer et le type d'habitation ($p : 0,007$). 5 personnes sont contaminées par le *Plasmodium* en moyenne dans les maisons en bambou pour les foyers ayant déclaré un accès palustre, contre 2 pour les personnes habitant une maison de bonne qualité. Les maisons en bambou offrent une protection plus faible contre les anophèles, qui y pénètrent plus facilement et trouvent des espaces pour nicher. Le contact entre le vecteur et l'homme est alors facilité.
- 48 Notre étude à l'échelle des villages et des foyers nous a permis de dresser les déterminants de risque de transmission principaux. Toutefois, nous pouvons observer certaines incohérences qui ne nous permettent pas d'établir un modèle général. C'est le cas de la prévalence du village d'Ochra (75 % de la population contaminée sur trois ans), la plus forte de notre ensemble de villages, alors que ce dernier est comme le village de Pucha (prévalence de 27 %), dans un paysage de rizières et forêts semi-ouvertes. Comment pouvons-nous expliquer cette différence, pourquoi la prévalence diagnostiquée y est-elle encore plus élevée que pour les villages environnés par la forêt dense ? Ou encore la prévalence du village de Gatille, elle aussi importante (36 %), alors que le village est littéralement « isolé », éloigné du centre de soins (8 h de routes en très mauvais état pour se rendre au centre de santé et revenir au village). Ces prévalences s'expliquent par des comportements spécifiques à chaque village, déterminés par un attachement fort au « mode de vie Bunong » et aux activités traditionnelles comme la chasse, la pêche ou la récolte de sève, pour le village d'Ochra, plaçant les habitants fréquemment en risque de contamination. Ou alors par la sensibilisation continue et engagée d'un chef de village sur les symptômes du paludisme et la nécessité d'un traitement rapide malgré les difficultés d'accès au centre de santé, comme à Gatille.

Entretien sur les pratiques de santé à Gatile, commune de Srae Preah



Cliché : S. Tomasi.



Entretien avec une migrante khmère tout juste guérie d'une crise de paludisme grave, dans sa maison en bambou, village de Gatille



Cliché : S. Tomasi.

Conclusion

- 49 Cette étude permet de dresser la cartographie de la variabilité de la répartition du paludisme diagnostiqué dans trois communes du Mondolkiri, et de comprendre ses déterminants environnementaux globaux, à la fois à l'échelle des villages et des foyers. Plusieurs résultats ressortent de ce travail et notamment l'importance de l'environnement naturel, qui établit le risque de transmission du paludisme encouru par les populations dans leur environnement immédiat. Toutefois, il apparaît que les pratiques de l'espace sont les facteurs déterminant réellement le risque de transmission d'un foyer, comme la pratique d'activités « traditionnelles » de la culture Bunong, ou de manière plus importante les activités croissantes illégales de coupe du bois par les hommes dans la province du Mondolkiri. Nous avons aussi pu mettre en avant différents facteurs essentiels pour expliquer la répartition de la prévalence selon les foyers de la zone étudiée : la qualité de l'habitation, les connaissances sur la maladie et les pratiques de santé. Au Mondolkiri, les pratiques traditionnelles de soins sont encore vivaces et le sous-diagnostic du paludisme important, pour ces populations habituées à vivre avec la maladie, à souffrir de crises de paludisme chaque années. Malgré un investissement important des pouvoirs publics et d'organisations variées, une partie de la population reste vulnérable par une méconnaissance des pratiques de prévention contre le vecteur ou concernant le traitement adéquat lors d'un accès palustre. Cette recherche a pour vocation de participer à une meilleure connaissance des dynamiques de transmission du paludisme, dans un but opérationnel : réévaluer la répartition des VMW au sein des villages de la région et agir de manière pertinente sur les facteurs de risques de transmission et de vulnérabilités dans le contexte singulier du Mondolkiri.
-

BIBLIOGRAPHIE

- Amaratunga Chanaki *et al.*, (2016). Dihydroartemisinin-piperaquin resistance in *Plasmodium falciparum* malaria in Cambodia : a multisite prospective cohort study, *The Lancet Infectious Diseases*, Volume 16, Issue 3, pp. 357-365.
- Antonio-Nkondjio C., *et al.*, (2009). Distribution and larval habitat characterization of *Anopheles moucheti*, *Anopheles nili* and other malaria vectors in river networks of southern Cameroon. *Acta Tropica*, pp. 270-276.
- Brunet, R., (1986). La carte-modèle et les chorèmes. *Mappemonde*, pp. 2-6.
- Condominas, G., (1957). *Nous avons mangé la forêt*. Mercure de France.
- Charron, D.F., (2012). *Ecohealth research in practice : innovative applications of an ecosystem approach to health*. Ottawa : Springer/International Development Research Centre.
- CNM, (2015). *National Malaria Control Program, Monitoring and Evaluation Plan 2011-2015*. National Centre for Parasitology, Entomology and Malaria Control (CNM).

- Crochet, S., (2000). L'invisible guérison : Notes d'ethnomédecine en milieu rural au Cambodge. *Aséanie* 5, pp. 13-39.
- Dickin, Sarah K., et al., (2013). *Developing a Vulnerability Mapping Methodology : Applying the Water-Associated Disease Index to Dengue in Malaysia*. Plos.
- Fassin D., (2009). Naissance de la santé publique. *Genèse*, n° 53, pp. 139-153.
- Fontenille D., (2015). *Séminaire SOREMA/Institut Pasteur Phnom Penh*.
- Forest A., et al., (2009). *Cambodge contemporain*. IRASEC.
- Fuentes M., et al., (2015). Territorial analysis of *Aedes aegypti* distribution in two Colombian cities : a chorematic and ecosystem approach. *Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro*, Mars 2015, pp. 517-530.
- Guérin M., (2003). *Des casques blancs sur le Plateau des Herbes*. Thèse de doctorat en Histoire.
- Guyant P., et al., (2010). *Malaria, mobile and migrant populations in the context of drug resistance in Cambodia*. Partners for development.
- Handschumacher P., et Hervouët J.P., (2004). Des systèmes pathogènes à la santé publique ; une nouvelle dimension pour la géographie de la santé tropicale. *Autrepart*, Presses de Sciences Po.
- IDRC., (2003). www.idrc.ca/FR/Documents/Ecosante-9-Mexique-2-f.pdf. Avril 2003.
- Incardona S., (2007). *Le paludisme au Cambodge ; épidémiologie, diagnostic moléculaire à haut débit et variabilité du gène ANR dans quatre espèces infectant l'homme*. Thèse de doctorat en Biologie, 2007.
- Larousse, (2015). www.larousse.fr/encyclopedie/divers/environnement/48488.
- Leclerc A., et al., (1990). *Dictionnaire d'Épidémiologie*. Frison-Roche.
- Lupton D., (2013). *Digitized Health Promotion : Personal Responsibility for Health in the Web 2.0 Era*. Sydney Health and Society Group, 5.
- Maurice A.-M., (1995). Les Mnongs des Hauts-Plateaux. *L'Homme* 35, n° 135, pp. 164-166.
- Mouchet J., et P., et al Carnevale, (2004). *Biodiversité du paludisme dans le monde*. John Libbey Eurotext.
- Nading A.M., (2014). *Mosquito trails : Ecology, Health, and the Politics of Entanglement*. Oakland : University of California Press.
- OMS, (2013). *La prise en charge du paludisme grave*. 3^e édition. OMS.
- Quintero J., et al., (2014). Ecological, biological and social dimensions of dengue vector breeding in five urban settings of Latin America : a multi-country study. *BCM Infect Dis*, pp. 14-38.
- Salem G., (1995). Géographie de la santé, santé de la géographie. *Espace, Populations, Sociétés*, pp. 25-30.
- Salem G., (1998). *La Santé dans la ville - Géographie d'un petit espace dense (Pikine, Sénégal)*. Karthala-Orstom.
- Saunders D. et al., (2009). Combination therapies for malaria are failing-what next ?, *The Lancet Infectious Diseases*, Volume 16, Issue 3, pp. 274-275.
- Sorre M., (1933). Complexes pathogènes et géographie médicale. *Annales de géographie*. vol. 42. 235 vols.
- Strauss A.L., et Glaser B., (1995). *The production of grounded theory*.

Tomasi S., (2014). *La variabilité de répartition du paludisme au Mondolkiri, Cambodge*. Mémoire de Master II.

UN, (2011). <http://www.un.org/apps/newsFr/storyF.asp?NewsID=24164#.VKYjwlKIdGg>.

UNCDF, (2010). www.uncdf.org.

Vallée J., (2008). *Urbanisation et santé à Vientiane (Laos) : Les disparités spatiales de santé dans la ville*. Nanterre : Thèse de doctorat en géographie humaine.

Webster J., (2000). *Malaria Control in Complex Emergencies*. Cambodia.

NOTES

1. Variation d'orthographe pour désigner les Bunongs.
2. Caractérisé par des troubles de la conscience, prostrations, convulsions répétées, œdème pulmonaire aigu et syndrome respiratoire aigu, collapsus circulatoire ou choc, lésion rénale aiguë, anomalies hémorragiques (OMS, 2013).
3. Les termes bunongs seront traduits phonétiquement. Ils peuvent avoir plusieurs significations, nous n'allons pas ici tenter de traiter d'une manière exhaustive ce sujet très riche, mais de relever les éléments intéressants des croyances traditionnelles qui peuvent être pertinents dans l'étude de notre sujet.

RÉSUMÉS

Le paludisme est un enjeu de santé publique majeur au Cambodge. La très forte mobilité des populations, la libre circulation de nombreux traitements médicamenteux sur le marché local et les pressions sur les zones forestières au Nord et à l'Ouest du pays pour la coupe de bois précieux viennent intensifier les échanges entre l'être humain et le vecteur du Plasmodium responsable de la maladie. Ces phénomènes à l'intensité croissante font planer un risque quant à la transmission des chimiorésistances du parasite aux traitements ACT. Il est nécessaire d'analyser finement les dynamiques de transmission de la maladie pour mener des interventions ciblées sur les facteurs de risque et de vulnérabilités des populations. L'étude propose une approche géographique pour analyser les déterminants de variabilité de la prévalence du paludisme dans la région du Mondolkiri, Cambodge. Les déterminants de risque de transmission à l'échelle collective du village, sont comparés statistiquement aux données sanitaires recueillies auprès des Centres de Santé et des Village Malaria Workers (VMW). Une enquête dans 130 foyers de 4 villages aux facies socio-environnementaux et épidémiologiques différenciés a été menée pour déterminer les facteurs de risque à l'échelle individuelle. Les variables démographiques, socio-économiques, de pratiques et de connaissances sur la maladie seront comparées aux indices de morbidité au sein du foyer pour une année. L'étude montre l'importance de certains facteurs de risque sur la morbidité et notamment a) La pratique d'une activité en forêt, b) La pratique de la culture sur brûlis c) la qualité du bâti du foyer d) l'usage de moustiquaire. D'autre part, nos résultats montrent l'importance du dispositif de vigilance communautaire VMW pour le diagnostic et le traitement du paludisme, comme le risque de sous-diagnostic important de la maladie pour les villages sans accès aux soins. L'étude offre des pistes de réflexions pour de futures interventions

de santé publique. D'autre part, les résultats démontrent une nouvelle fois les inégalités qui touchent les populations sur leurs connaissances liées aux traitements du paludisme et à sa prévention, malgré un investissement important des pouvoirs publics et de diverses associations au niveau local.

Malaria is a major public health challenge in Cambodia. Interaction between human beings and the Plasmodium vector is intensified due to strong population movement, free distribution of numerous medical treatments in local markets and the recent exploitation of valuable timber from the northern and western forest zones of the country. These intense and increasing phenomena implies a risk for the diffusion of parasites quimioresistance in ACT treatments. It is necessary to finely analyse transmission dynamics of the disease in order to design specific interventions that address risk factors and that are adapted to local context. This study proposes a geographic approach to analyse the determinants of malaria's prevalence variability in the Mondolkiri region (Cambodia). Collective transmission determinants per village were compared with sanitary data collected in Health centres and Villages Malaria Workers (VMW) registry. Different socio-environmental and epidemiologic conditions of households in the four villages and 130 households were also examined to determine individual risk factors. Demographic, socioeconomic, practices and disease knowledge variables were compared with morbidity indexes for each household. Importance of certain morbidity risk factors was specified : a) forest activities practice, b) burning culture practices, c) construction quality of houses, d) use of mosquito net. Also, our results show the importance of community surveillance actions VMW to diagnose and treat malaria, so as the risk of underdiagnose in villages without access to healthcare. The study offers insight for future public health interventions. Particularly for the main population at risk : men between 16 and 25 years old that habitually practice forest activities. Furthermore, the results evidence ones more the inequities present in population's knowledge of malaria treatments and prevention measures, in spite of the investment of public authorities and local associations.

INDEX

Mots-clés : paludisme, géographie, Cambodge, Mondolkiri

Keywords : malaria, geography, Cambodia, Mondolkiri

AUTEURS

SIMON TOMASI

Université Paris X Nanterre

RATH VANNY

Ministry of rural développement Cambodge

Analyse de la distribution socio-spatiale du paludisme dans une ville moyenne ouest africaine, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso)

Analysis of the socio-spatial distribution malaria in an average city west African, Bobo-Dioulasso (Burkina-Faso)

Florence Fournet, Daouda Kassié, Roch K. Dabiré et Gérard Salem

Remerciements : Ces travaux ont été réalisés avec l'appui financier du CNRS (projet PEPS 2012), l'Agence Nationale de la Recherche française (Appel à projet INEG 2012), du Centre National des Etudes Spatiales et de l'Institut de Recherche pour le Développement. Nous remercions la population de Bobo-Dioulasso pour sa participation aux enquêtes de santé.

Introduction

- 1 Depuis 2007, plus de la moitié de la population mondiale est urbaine, marquant ainsi un tournant important dans l'histoire de notre planète. Ce processus d'urbanisation, initié au XVIII^e siècle en Europe et aux Etats Unis, a été beaucoup plus tardif sur les continents asiatique et africain. Il s'est développé sur un temps long dans les pays du Nord et dans un contexte économique très favorable. Au contraire, dans les pays du sud, la rapidité du phénomène est impressionnante. Entre 1950 et 2000, l'Afrique a enregistré la plus forte croissance urbaine au monde, supérieure à 4 %, et, si les taux sont désormais moindres, la tendance de fond ne se dément pas. La population urbaine d'Afrique occidentale et centrale était en 2010 de l'ordre de 193 millions d'habitants (115 millions en 1970), soit près de 45 % d'urbanisation (OMS & ONU-habitat, 2010). Et d'ici 2030, la croissance urbaine annuelle serait supérieure à 3 %, avec un taux d'urbanisation de l'ordre de 53 % à cet horizon. Cependant, le contexte économique n'est plus du tout favorable. De fait, rapidité et pauvreté se traduisent par la production de villes mal encadrées et plus globalement par celle d'inégalités socio-spatiales,

notamment au plan sanitaire. Qu'il s'agisse de pollution, d'inondations d'espaces impropres à la construction, de difficultés dans l'accès à des soins de qualité, d'absence de filières de gestion des ordures, d'approvisionnement en eau, les populations urbaines des pays du sud font face à des problèmes pluriels en matière de santé. Aux pathologies transmissibles comme le paludisme, se sont ajoutées des maladies non transmissibles comme le diabète ou l'hypertension (OMS, 2011). Si le constat de ce double fardeau de morbidité est indéniable, celui de son inégale répartition sur l'ensemble d'un territoire urbain par essence hétérogène, ne l'est pas moins.

- 2 Le paludisme a longtemps été considéré comme une pathologie du monde rural. Les scientifiques pensaient que les conditions environnementales seraient défavorables au vecteur, l'anophèle, que l'on savait sensible à la pollution. Or, les anophèles se sont adaptés à la ville, et on les trouve désormais dans des milieux pollués (Machault *et al.*, 2010 ; Awolola *et al.*, 2007 ; Klinkenberg *et al.*, 2008). Du fait de la forte densité de la population en ville qui contribue à une certaine dilution des piqûres, de l'utilisation des méthodes de protection comme les moustiquaires mais aussi les insecticides qui réduisent l'intensité et la fréquence du contact entre l'homme et le vecteur, de l'accès plus aisé aux traitements, l'acquisition de la prémunition à l'encontre du *Plasmodium* est retardée en ville (Gaye *et al.*, 1991). Ce retard se traduit par une modification du tableau épidémiologique de la maladie qui se manifeste par davantage de paludismes sévères.
- 3 Au Burkina Faso, le paludisme demeure une cause de morbidité et de mortalité majeure : 48 % des consultations (6,5 millions en 2012 selon les données du programme national) sont motivées par le paludisme et 54 % des décès hospitaliers lui sont attribués. Parmi les enfants de moins de 5 ans, le paludisme représente respectivement 61,4 % et 77,7 % des motifs de consultation et d'hospitalisations, et 80 % des causes de décès (DGIIS, 2011). La stratégie nationale de lutte contre le paludisme repose sur l'accès au dépistage, l'utilisation des combinaisons thérapeutiques à base d'artémisinine et la couverture universelle en moustiquaires imprégnées à longue durée d'action (MILDA). La dernière distribution de MILDA est intervenue à l'échelle du pays en juillet 2013. Plus de 700 000 moustiquaires ont ainsi été distribuées durant cette campagne. Des résultats encourageants ont été obtenus puisque la prévalence de la parasitémie a baissé passant de 66 % en 2010 à 46 % en 2014 (Ministère de la santé, 2015). Cette baisse a été enregistrée dans chacune des 13 régions du Burkina Faso.
- 4 Si la situation du paludisme en milieu rural est assez bien décrite, les études urbaines sont encore rares et s'intéressent peu aux villes moyennes comme Bobo-Dioulasso (Benasseni *et al.*, 1987). Par ailleurs, elles ciblent plus fréquemment des populations à risque comme les femmes enceintes, à travers des enquêtes réalisées dans le système de soins (Cissé *et al.*, 2014).
- 5 L'utilisation d'une approche géographique permet de s'affranchir de la mise en évidence de simples facteurs de risque pour travailler plutôt sur leur combinaison en un lieu donné et ainsi permettre la mise en évidence de profils sanitaires d'espaces qui donneraient à voir les villes sous un jour nouveau et offriraient aux politiques de meilleurs outils d'aide à la décision en matière de santé et d'aménagement urbain.
- 6 C'est ce que nous nous sommes proposés de faire à Bobo-Dioulasso, seconde ville du Burkina Faso, en conduisant un projet visant à analyser les inégalités socio-spatiales de santé au regard de l'hétérogénéité de la ville en matière d'environnement. S'agissant des maladies à transmission vectorielle, tous les espaces à risques de transmission d'une maladie vectorielle, compte tenu de leurs caractéristiques intrinsèques, que

celles-ci soient « naturelles » ou générées par l'anthropisation du milieu, ne sont pas systématiquement des espaces d'expression de ces pathologies. Pour qu'une maladie vectorielle s'exprime, l'hôte et le vecteur doivent nécessairement entrer en contact pour assurer la transmission de l'agent pathogène. On peut alors poser comme hypothèse que les pratiques spatiales et sociales des hommes expliquent l'émergence d'une pathologie et que les risques issus des comportements de l'hôte viennent s'ajouter aux risques environnementaux préalablement générés par l'homme.

- 7 Notre propos sera ici de déterminer la prévalence du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans dans quatre sous espaces différemment urbanisés de la ville de Bobo-Dioulasso, d'analyser les disparités socio-spatiales intra urbaines du paludisme et d'en identifier les déterminants. Le choix de s'intéresser à des enfants de moins de 5 ans se justifie par le fait qu'ils constituent une population qui paie un lourd tribut aux maladies infectieuses et parasitaires dans les pays en développement : 78 % des décès dus au paludisme dans le monde concernent les enfants de moins de 5 ans (OMS, 2014).
- 8 Après une présentation de la ville de Bobo-Dioulasso et des sous espaces urbains étudiés, la méthodologie des enquêtes en population sera décrite. Nous nous attacherons ensuite à analyser les données de prévalence du paludisme par rapport à des variables descriptives de l'environnement de vie de ces enfants, tant physique que social. Les zones à risque de paludisme seront finalement caractérisées à l'échelle de ces quartiers.

Bobo-Dioulasso, une ville peu dense et modestement urbanisée

- 9 Fondée aux environs du XI^e siècle, la ville a longtemps disputé à Ouagadougou, le rôle de capitale (Fourchard, 2002). Définitivement déchuée en 1947, elle affiche des taux d'accroissement annuel relativement importants et surtout constants (4,7 % en moyenne) depuis sa découverte par le colonisateur, à l'exception de quelques périodes clés, notamment 1985-1996. Durant cette période, tous les efforts se concentrant alors sur Ouagadougou, vitrine de la politique urbaine sankariste, Bobo-Dioulasso est restée comme en dehors de la dynamique révolutionnaire « pressée » (Le Bris, 2000).
- 10 Entre le début de la colonisation et l'Indépendance, la population de la seconde ville du Burkina Faso, présentée comme la capitale économique, est passée de 3 000 à 50 000 habitants, pour atteindre 230 000 habitants en 1975, 310 000 en 1996 et 490 000 en 2006 (INSD, 2008). Cette croissance se traduit par une extension aréolaire de l'emprise urbaine sans densification particulière du bâti du fait de l'absence de contraintes physiques notoires. La superficie de la ville est ainsi passée de 84 ha en 1897 à 10 250 ha en 2010. Cette croissance n'est pourtant pas sans conséquence sur l'aménagement urbain qui peine à gérer cette dispersion spatiale peu dense tant pour l'approvisionnement en eau que pour l'électrification, l'enlèvement des ordures, le bitumage des voies ou encore l'implantation de structures de soins ou scolaires.
- 11 L'habitat traditionnel avec des constructions de plein pied où le banco reste très présent prédomine à Bobo-Dioulasso, avec au centre la vieille ville et sa zone commerciale, en périphérie, des espaces résidentiels, la zone industrielle et le camp militaire. La partie ancienne de la ville ne fait l'objet d'aucune véritable politique de restauration, l'ensemble donne à voir des quartiers relativement arborés, à

l'architecture vieillissante. Les espaces résidentiels sont de deux types : d'une part des espaces anciennement construits selon des règles qui visaient alors à un certain modernisme (zone résidentielle B au secteur 5) et d'autre part, des quartiers créés « en vitesse » sous l'impulsion d'opérations immobilières comme Bobo 2010, colonisés par une classe sociale montante (**photo 1**).

- 12 Contrairement à Ouagadougou, la compétition entre la ville régulière (dite *lotie*) et la ville spontanée (dite *non lotie*) est moins forte. Les espaces non lotis ne sont pas l'apanage des seules périphéries : Dioulassoba, le vieux quartier central à partir duquel s'est construite la ville, en est le témoin (**photos 2**).

Photo 1 : Des constructions en dur aménagées par la Société Nationale d'Aménagement des terrains Urbains (SONATUR) dans le quartier Bobo 2010



Photos 2 : En haut, une rue du vieux quartier central de Dioulassoba que rien ne distingue particulièrement d'une rue du quartier non loti de Kodéni, au sud-est de la ville (en bas)



Des sous espaces urbains choisis pour illustrer des processus d'urbanisation différents

- 13 Au sein de cet espace qui peut sembler assez peu contrasté, des variables discriminantes considérées comme des facteurs de vulnérabilité sanitaire, ont été choisies pour circonscrire, par le biais d'analyses en composantes principales et ascendantes hiérarchiques, des sous espaces illustratifs de processus d'urbanisation différenciées, à l'origine d'inégalités sociales et spatiales de santé (**tableau 1**).

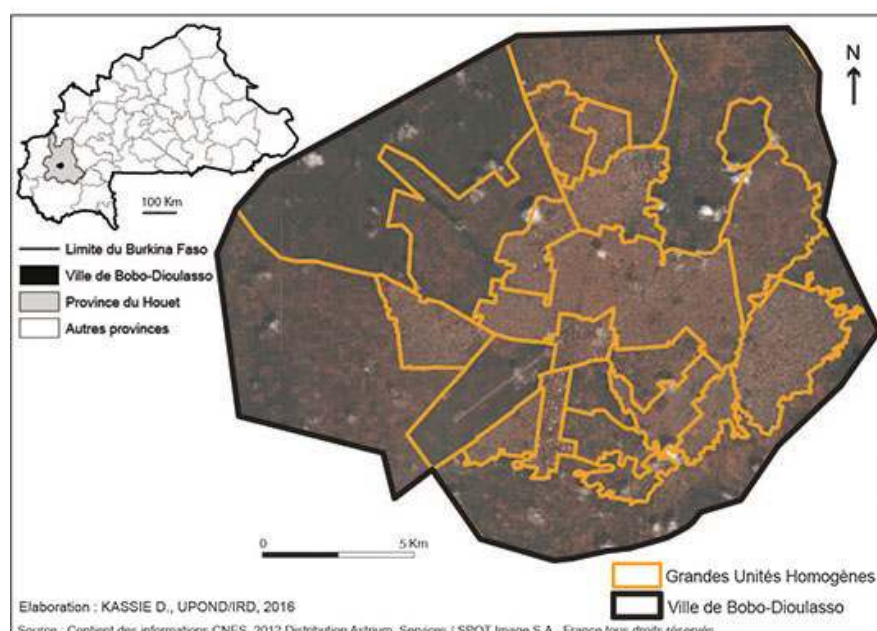
Tableau 1 : Variables utilisées pour réaliser une typologie de la ville

Variables d'analyse
Proportion inondable de la ZIH
Ecart-type des différences de pentes dans la ZIH
Densité de bâti calculée à partir des scènes de télédétection
Distance moyenne d'accès (en mètres) aux structures de 1 ^{er} contact (tous statuts confondus, privé/public)
Ecart-type de la distance d'accès aux structures de 1 ^{er} contact (tous statuts confondus, privé/public) dans la ZIH
Taux de raccordement moyen de la ZIH au réseau d'eau potable
Ecart-type des taux de raccordement de la ZIH au réseau d'eau potable
Ancienneté moyenne de la zone (en années) estimée à partir de leur période d'apparition sur les photographies aériennes
Ecart-type de l'ancienneté à l'intérieur de la ZIH
Distance moyenne d'accès (en mètres) de la ZIH au centre-ville (centroïde du centre-ville de 1952)
Ecart-type de la distance moyenne au centre-ville

Source : Enquêtes de terrain 2012 ; Scène satellite CNES 2012 ; Photographies aériennes IGB, 1994, 1997, 2004, 2007 ; ONEA, 2012 ; Mariko, 1983).

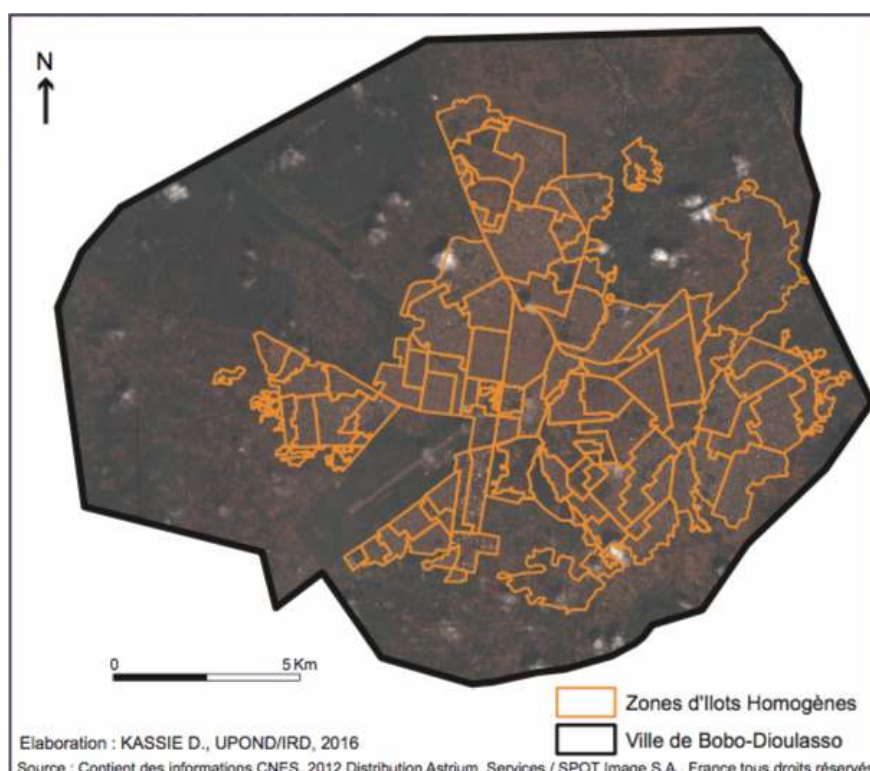
- 14 Elles ont été appliquées à un maillage de la ville réalisé en s'appuyant sur une scène de télédétection d'avril 2012 (Pléiades, CNES). Dans un premier temps, la ville a été divisée en 25 grands ensembles homogènes, identifiés visuellement par rapport à la densité du bâti et de la végétation (**figure 1**).

Figure 1 : Découpage de Bobo-Dioulasso en 25 grands ensembles homogènes (2012)



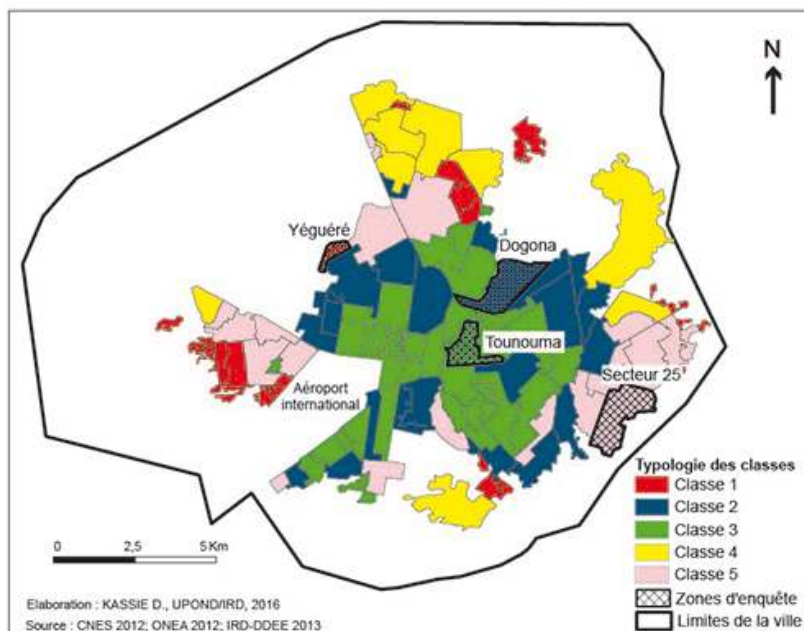
- 15 Ce découpage de l'espace, marqué au plan écologique, s'explique par le fait que les maladies se soucient rarement des frontières et autres découpages administratifs de l'espace. Bobo-Dioulasso fait l'objet de multiples découpages. On y trouve en effet des quartiers - balayés par la révolution, des secteurs urbains - dont le nombre est récemment passé de 25 à 33, des districts sanitaires - inégaux en termes de bassin de recrutement, qui témoignent d'une gestion urbaine plurielle, enjeux de nombreux pouvoirs et sources de difficultés d'administration.
- 16 Ensuite, ces grands ensembles ont été divisés en sous-ensembles d'îlots homogènes repérés visuellement toujours, par rapport au type de lotissement, de bâti et à sa taille. Cette seconde analyse a conduit à l'identification de 125 sous-ensembles d'îlots homogènes ou ZIH (**figure 2**).

Figure 2 : Découpage de Bobo-Dioulasso en 125 zones d'îlots homogènes (2012)



- 17 Des analyses multivariées de classification conduisent à une typologie de ces ZIH en 5 classes qui expliquent près de 50 % de l'inertie totale (**figure 3**).
- 18 La classe 1 en rouge sur la carte, correspond à des zones périphériques en cours de densification, mais faiblement équipées à l'image du quartier non loti de Yéguéré qui a été choisi. Au sein de la classe 2, en bleu, se trouvent des zones d'ancienneté variable, quelque peu éloignées du centre ville mais globalement bien équipées comme Dogona. Le quartier Tounouma appartient à la classe 3 (couleur verte) qui regroupe les zones centrales, anciennement urbanisées, densément bâties et bien équipées. Le secteur 25 illustre les ZIH de la classe 5 (couleur rose), comprenant les zones périphériques récentes, en cours de densification, bien équipées. La classe 4 qui apparaît en jaune sur la carte, regroupe des ZIH périphériques, de faible densité de population et elle n'a pas été prise en compte pour les enquêtes en population.

Figure 3 : Typologie de la ville de Bobo-Dioulasso en 5 classes et localisation des sous-espaces d'enquête



Des enquêtes en population pour caractériser les états de santé

- 19 Les états de santé des populations des quartiers étudiés, ont été questionnés par des enquêtes en face-à-face réalisées en trois temps. Après sélection aléatoire des ménages par l'intermédiaire de leur parcelle d'habitation, par la fonction « Sampling tool » du logiciel ArcGis10, ces derniers étaient visités par des enquêteurs afin de caractériser leur environnement de vie et leur appréciation de la ville. Un enfant de 6 à 59 mois était tiré au sort. L'enfant était invité ensuite à se rendre dans un centre de santé installé pour la durée de l'enquête au milieu du quartier. Là, après que leur consentement éclairé ait été recueilli auprès de leur tuteur légal, généralement la mère, ces derniers étaient interrogés quant à la santé de l'enfant avant de subir un examen clinique.
- 20 Les enquêtes de santé ont eu lieu entre octobre et novembre 2013 après approbation du comité d'éthique (accord N° A30/2013).
- 21 Au total, 1045 ménages ont été visités dans les quatre quartiers de Bobo-Dioulasso, et 867 enfants enquêtés (**photos 3 et 4**).
- 22 En cas d'absence, les enquêteurs repassaient dans les concessions pour relancer les ménages et le refus était entériné après 3 relances sans succès. Dans l'ensemble, le taux de refus observé a été de 8,8 %, essentiellement lié à l'absence du chef de ménage ne pouvant autoriser sa famille à participer à l'enquête.
- 23 La mesure de la prévalence du paludisme a été faite par une prise de sang au bout du doigt permettant de réaliser une goutte épaisse et un frottis sanguin. La température axillaire était mesurée sous l'aisselle et en cas de fièvre (température supérieure à

37,5°C), un test diagnostic rapide était réalisé afin de pouvoir proposer un traitement en cas de résultat positif. Le traitement était pris en charge par le projet. En cas de goutte épaisse positive, et si l'enfant n'avait pas été dépisté avant, les enquêteurs informaient la famille et remettaient un traitement au plus tard le lendemain. Un cas de paludisme était déterminé par une goutte épaisse positive et/ou un test diagnostic rapide accompagné de fièvre ou avec des antécédents de fièvre dans les 72 heures précédentes.

Photo 3 : Administration d'un questionnaire dans un ménage tiré au sort à Dogo



Photo 4 : Centre médical installé provisoirement dans la cour du centre de santé et de promotion social du secteur 25 qui accueille les personnes recrutées dans les ménages pour les examiner



Des quartiers centraux plus exposés au risque palustre que les périphéries

- 24 Au total, 169 cas de paludisme (P+) ont été diagnostiqués chez les enfants dans les quatre quartiers, soit une prévalence moyenne de 19,2 %.
- 25 La prévalence du paludisme est plus forte à Dogona que dans les autres quartiers ($p=0,0261$; **tableau 2**). Dans le quartier de Tounouma, elle est également élevée suggérant que contrairement à ce que l'on avait pu observer à Ouagadougou, les quartiers centraux de Bobo-Dioulasso seraient plus exposés au risque palustre que les quartiers périphériques (Sabatinelli, 1986 ; Baragatti *et al.*, 2009 ; Fournet *et al.*, 2010).

Tableau 2 : Prévalences du paludisme en fonction du quartier

	No. P+	Prévalence (%)
Dogona	53	26,2
Secteur 25	34	15,2
Tounouma	46	18,5
Yéguéré	36	17,3
Ensemble	169	19,2

Des facteurs de risque sociaux qui s'ajoutent aux facteurs de risque environnementaux

- 26 Au-delà de la localisation du quartier, plusieurs variables pouvant jouer un rôle dans la transmission du paludisme aux enfants ont été identifiées qui sont l'existence de moustiquaires aux fenêtres des maisons, l'ancienneté de résidence de la mère de l'enfant à Bobo-Dioulasso (née à Bobo, plus de 20 ans de résidence, moins de 20 ans de résidence), son niveau d'éducation (scolarisée, jamais scolarisée), le niveau socio-économique du ménage, son éloignement par rapport aux bas-fonds.
- 27 Le niveau socio-économique du ménage a été mesuré par un proxy élaboré selon la méthode utilisée par Dossa *et al.* (2011) pour la ville de Bobo-Dioulasso. Ce proxy s'appuie sur les variables :
- Le type de matériau de construction des murs de la maison principale (dur ; semi-dur ; banco) ;
 - Le type d'accès à l'énergie (électricité ; sans électricité) ;
 - Le mode principal d'approvisionnement en eau (compteur individuel ; bornes fontaines ; puits et autres) ;
 - L'utilisation du gaz par le ménage pour cuisiner (oui ; non) ;
 - La présence d'une douche interne (oui ; non) ;
 - La présence d'une cuisine interne (oui ; non) ;
 - L'existence de toilettes dans la cour (oui ; non) ;
 - La possession d'un téléphone fixe (oui ; non) ;
 - La possession d'un réfrigérateur (oui ; non) ;
 - La possession d'un téléviseur (oui ; non) ;
 - La possession de vélos (oui ; non) ;
 - La possession de mobylettes (oui ; non) ;
 - La possession de voitures (oui ; non) ;
 - La possession de charrettes (oui ; non).
- 28 Les ménages enquêtés se trouvaient en moyenne à 400 m d'un des bas fonds qui traversent la ville. C'est cette distance seuil qui a été choisie pour analyser l'effet des bas fonds sur la survenue du paludisme, ces derniers pouvant servir de gîtes aux vecteurs du paludisme, qu'ils soient utilisés ou non pour réaliser de l'agriculture urbaine (Trape *et al.*, 1992 ; De Silva & Marshall, 2012 ; Ngom & Sigmund, 2015) **(photo 5)**.

Photo 5 : Vue du marigot Houet dans le quartier de Dogona



Les rives servent de jardins pour des cultures maraîchères, la rivière pourtant très polluée est remplie de larves d'Anophèles en toute saison.

- 29 Le fait de dormir sous une moustiquaire n'a pas été considéré comme une variable explicative dans la mesure où 92,4 % des enfants ont déclaré le faire (1 seul enfant du secteur 25 n'avait pas dormi sous moustiquaire la veille de l'enquête). De la même façon, nous n'avons pas analysé l'effet de l'âge et du sexe des enfants afin de cibler plutôt des facteurs de risque liés à l'environnement, et pas à l'individu.
- 30 Les variables explicatives ont fait l'objet d'analyses bivariées afin de pouvoir estimer la force de leur association avec le paludisme (**tableau 3**).

Tableau 3 : Relations entre les variables explicatives et le paludisme chez l'enfant

Variable	Paludisme (%)	OR	Intervalle de confiance	p-value
Quartier				
référence (Dogona)	26,2	1		
Secteur 25	15,2	0,505	0,312 - 0,817	0,0261
Tounouma	18,5	0,636	0,406 - 0,996	
Yéguéré	17,3	0,591	0,367 - 0,953	
Eloignement du ménage au bas fonds le plus proche				
référence (Moins de 400 m)	22,1	1		0,0088
Plus de 400 m	15,0	0,624	0,438 - 0,890	
Moustiquaires aux fenêtres				
référence (Absence)	10,7	1		0,0661
Présence	20,1	0,478	0,214 - 1,068	
Niveau socio-économique du ménage				
référence (Aisé)	17,1	1		0,1254
Précaire	17,2	1,004	0,653 - 1,545	
Modeste	22,9	1,439	0,955 - 2,169	
Niveau d'éducation de la mère				
référence (Jamais scolarisée)	20,6	1		0,0536
Scolarisée	15,2	0,695	0,480 - 1,007	
Ancienneté de résidence de la mère à Bobo				
référence (Née à Bobo)	20,9	1		0,3318
> 20 ans	17,7	0,744	0,498 - 1,112	
< 20 ans	16,4	0,815	0,518 - 1,281	

- 31 Les variables explicatives pour lesquelles la probabilité était inférieure à 0,05, sont liées de façon significative au risque de paludisme chez les enfants.
- 32 La proximité des bas-fonds est associée à la survenue du paludisme chez les enfants ($p=0,008$). La prévalence du paludisme est plus importante dans la population des enfants qui habitent à moins de 400 m d'un bas-fond.
- 33 Bien que la prévalence du paludisme soit inférieure chez les enfants qui habitent des maisons aux fenêtres pourvues de moustiquaires, cette mesure de protection n'est pas significativement associée à la survenue du paludisme chez l'enfant ($p=0,06$).
- 34 Le niveau de vie des ménages n'est pas associé à la survenue du paludisme chez les enfants ($p=0,1254$). Le niveau d'éducation de la mère est associé à la survenue du paludisme chez l'enfant ($p=0,05$). La prévalence du paludisme est plus forte chez les enfants de mères qui n'ont jamais été scolarisées. L'ancienneté de résidence des mères des enfants dans la ville de Bobo-Dioulasso n'est pas liée au risque palustre ($p=0,3318$).
- 35 Toutes les variables utilisées en analyses bivariées ont été introduites dans un modèle de régression logistique multivarié, y compris celles dont le degré de significativité p était supérieur à 0,05 (**tableau 4**). En effet, les facteurs de risque connus comme étant associés à la maladie, peuvent être inclus afin d'éliminer les biais potentiels. De fait, même si l'analyse bivariée n'a pas abouti à mettre en évidence une liaison significative, ces variables dites « d'ajustement » ou « forcées » peuvent être incluses dans le modèle de régression multivariée (Rakotomalala, 2014 ; Desjardins, 2005).

Tableau 4 : Variables associées à la survenue du paludisme chez l'enfant de moins de 5 ans à Bobo-Dioulasso

Variable	OR	Intervalle de confiance	P-value
Moustiquaires aux fenêtres			
référence (Aucune moustiquaire)	1		
Moustiquaires aux fenêtres	0,455	0,188 - 1,105	0,0818
Niveau d'éducation			
référence (Non scolarisé)	1		
Scolarisé	0,659	0,446 - 0,974	0,0364
Distance aux bas-fonds*Niveau de vie			
référence (Moins de 400 m et précaire)	1		
Moins de 400 m et modeste	1,834	1,062 - 3,166	
Moins de 400 m et aisé	1,477	0,818 - 2,666	
Plus de 400 m et précaire	0,936	0,498 - 1,759	0,003
Plus de 400 m et modeste	0,963	0,492 - 1,885	
Plus de 400 m et aisé	0,476	0,230 - 0,985	

- 36 Ce choix nous a permis de prendre en compte des variables ayant une contribution plus faible sur le risque de mauvais état de santé (Desjardins, 2005). L'introduction des variables s'est faite selon une procédure pas à pas descendante qui consiste à retirer progressivement les variables explicatives non significativement liées aux états de santé, en partant d'un modèle qui les contient toutes. Cette méthode permet de mieux prendre en compte des combinaisons de variables.
- 37 Le niveau d'éducation des mères est associé à la survenue du paludisme chez leurs enfants : les enfants dont les mères ont été scolarisées ont un risque de paludisme diminué de 34,1 %.
- 38 La prise en compte d'une nouvelle variable associant le niveau de vie du ménage et sa localisation par rapport aux bas fonds montre une interaction qui révèle que les enfants des ménages précaires habitant à proximité des bas-fonds sont plus exposés au paludisme que ceux des ménages aisés qui vivent loin des bas fonds (De Silva & Marshall, 2012). En effet, ces derniers voient leur risque de contracter un au paludisme diminuer de 52,4 %.
- 39 Les enfants des ménages modestes qui vivent à proximité des bas-fonds sont 1,8 fois plus exposés au paludisme que ceux des ménages précaires qui vivent à la même distance des bas-fonds. Il est difficile d'expliquer cette situation sans mobiliser des analyses complémentaires qui viseront à retrouver ces enfants, afin de rechercher les comportements ou les faits de santé qui pourraient être à l'origine de cet excès de risque (états nutritionnels et taux d'anémie des enfants, taille du ménage qui conduirait à une concentration des piqûres des moustiques, type d'habitat particulier, mauvais recours aux soins, etc.).
- 40 L'existence de moustiquaires aux fenêtres des maisons n'est pas un élément qui protège du paludisme ($p = 0,0818$).

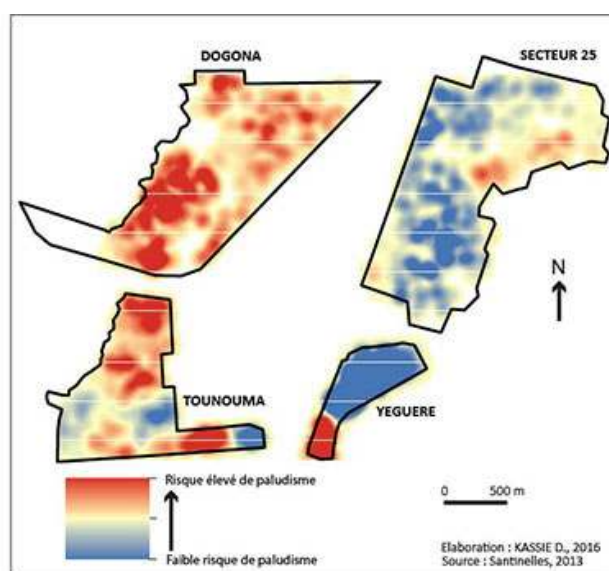
Des différences d'exposition au paludisme au sein des quartiers

- 41 Pour aller plus loin que la localisation des ménages où un cas de paludisme chez l'enfant a été diagnostiqué et identifié des zones à risque de paludisme, nous avons

utilisé une méthode géographique d'analyse fondée sur des mesures locales d'auto corrélation spatiale. Ces analyses reposent sur l'hypothèse que les valeurs en un lieu sont fonction des valeurs dans le voisinage. Les analyses multivariées ont permis de prédire pour chaque enfant enquêté, une probabilité de survenue du paludisme tenant compte de l'ensemble des facteurs de risque identifiés. Ces probabilités ont été analysées à l'aide du logiciel ArcGIS, pour identifier les zones à haut risque de paludisme (*hot spot*) par l'utilisation de l'indice Getis Ord*, indice local d'association spatiale (LISA). Ces points chauds marquent les lieux de résidence des enfants pour lesquels le risque de survenue du paludisme observé est plus important qu'attendu, dans un modèle de distribution aléatoire de la maladie. L'application d'une technique de lissage (*Kernel Density Estimation*) permet ensuite de cartographier sur l'étendue du quartier, les zones à haut et faible risque de transmission du paludisme par des plages de couleurs allant du bleu (faible risque de paludisme) au rouge (risque élevé de paludisme, **figure 4**).

- 42 L'analyse des cartes de prédiction du risque palustre confirme le risque inégal de paludisme chez les enfants entre les quartiers et met en évidence que ce risque existe au niveau de certains sous espaces de tous les quartiers enquêtés.
- 43 Le quartier de Dogona montre un risque à l'échelle de l'ensemble du quartier. Si ce risque est également très présent à Tounouma, des poches de plus faible risque peuvent être identifiées, au centre du quartier et dans l'extrême sud-ouest. Tounouma apparaît ainsi plus hétérogène que Dogona en termes de risque palustre.
- 44 Yéguéré, le quartier le plus précaire, est coupé en deux avec dans la partie nord, un espace de faible risque palustre et dans la partie sud, un espace de risque élevé.
- 45 Le Secteur 25 apparaît presque comme le négatif de Tounouma : la majorité du quartier est à faible risque de paludisme et apparaissent par endroits des zones de risque plus important.

Figure 4 : Zones à risque de paludisme pour les enfants de moins de 5 ans à Dogona, Tounouma, Yéguéré et au Secteur 25



Conclusion : Le paludisme, un risque avéré en milieu urbain mais inégal

- 46 Les enquêtes conduites à Bobo-Dioulasso ont mis en évidence l'existence d'une transmission du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans des quatre quartiers enquêtés. Si le risque existe partout dans ces quartiers, il est cependant inégal, plus important dans les quartiers anciennement urbanisés et centraux que dans les quartiers plus récents et périphériques. Dans les quartiers globalement moins exposés au paludisme avec une prévalence plus faible, des îlots de risque élevé ont cependant pu être identifiés.
- 47 Ces résultats sont intéressants car ils permettent de confirmer l'existence d'une transmission urbaine qui prête encore à la controverse. Contrairement à ce que les études conduites dans des villes comme Accra ville (Fobil *et al.*, 2012) ou Yaoundé (Ngom & Siegmund, 2015), ont pu montrer, elle n'est pas l'apanage de périphéries qui auraient conservé une certaine ruralité propice au développement des vecteurs, mais également celui de quartiers proches du centre de la ville. Ceci a d'ailleurs été observé précédemment à Libreville (Mourou *et al.*, 2012).
- 48 Les combinaisons de facteurs de risque qui ont pu être identifiées font la part belle à des facteurs relevant de l'environnement social des enfants : le niveau d'éducation de sa mère et le niveau socio-économique de son ménage. Le quartier lui-même ne constitue pas un facteur de risque en tant que tel. Cependant, le niveau de vie du ménage est lié par une interaction à la position géographique du ménage par rapport aux bas fonds, identifiés comme des sources de production de moustiques vecteurs de paludisme. Les ménages précaires dont on peut supposer qu'ils n'ont pas nécessairement accès à des parcelles dans les parties les mieux aménagées des quartiers, pourraient se trouver comme contraints au risque au paludisme. Le fait que les ménages modestes vivant à proximité des bas-fonds soient encore plus à risque doit être creusé. Il met en évidence que le lien entre pauvreté et paludisme n'est pas aussi évident qu'on pourrait le penser.
- 49 Le choix méthodologique de travailler dans des quartiers différents du point de vue de l'urbanisation s'avère riche de résultats pour la mise en évidence de disparités socio-spatiales de santé. Ce choix délibéré de renoncer à une représentativité intenable dans un environnement aussi hétérogène que celui d'une ville, doit encore être éprouvé à l'aune de la création des profils sanitaires des espaces lorsque les autres indicateurs de santé enquêtés, notamment les états nutritionnels, auront été analysés.
- 50 En conclusion, nous soulignons l'importance de ces études pour l'amélioration de la santé des populations. Elles nous conduisent à mettre en évidence que la distribution de moustiquaires ne permettra pas seule de réduire la mortalité liée au paludisme à un niveau proche de zéro comme le souhaite le programme national de lutte contre le paludisme au Burkina Faso : travailler à l'amélioration de l'environnement urbain en aménageant notamment les zones inondables et permettre aux populations d'accéder à un niveau d'instruction correcte sont des pistes à ne pas négliger.

BIBLIOGRAPHIE

- Awolola T.S., Oduola A.O., Obansa J.B., Chukwurar N.J., Unyimadu J.P., (2007). *Anopheles gambiae* s.s. breeding in polluted water bodies in urban Lagos, southwestern Nigeria. *J Vector Borne Dis*, 44 : 241-244.
- Baragatti M., Fournet F., Henry M.C., Assi S., Ouedraogo H., Rogier C., Salem G., (2009). Social and environmental malaria risk factors in urban areas of Ouagadougou, Burkina Faso. *Malaria Journal*, 8 :13.
- Benasseni R., Gazin P., Carnevale P., Baudon D., (1987). Le paludisme urbain à Bobo-Dioulasso. 3 études de la morbidité palustre. *Cah ORSTOM sér Ent Med Parasitol* XXV (3-4) : 165-170.
- De Silva P.M. & Marshall M., (2012). Factors Contributing to Urban Malaria Transmission in Sub-Saharan Africa : A Systematic Review. *Journal of Tropical Medicine*, Article ID 819563, 10 p.
- Deen J.L., Walraven G.E., von Seidlein L., (2002). Increased risk for malaria in chronically malnourished children under 5 years of age in rural Gambia. *Journal of Tropical Pediatrics* 48 (2) : 78-83.
- Desjardins J., (2005). L'analyse de régression logistique. *Tutorial in Quantitative Methods for Psychology*. 1 (1) : 35-41.
- DGISS, (2010). *Tableau de Bord Santé 2010*. Ouagadougou, Burkina Faso, Ministère de la santé, 196 p.
- Diez-Roux A.V., (2001). Investigating area and neighborhood effects on health. *Am J Public Health* 91(11) :1783-9.
- Dossa L.H., Buerkert A., Schlecht E., (2011). Cross-Location Analysis of the Impact of Household Socioeconomic Status on Participation in Urban and Peri-Urban Agriculture in West Africa. *Hum Ecol* 39 :569-581.
- Fobil J.N., Levers C., Lakes T., Loag W., Kraemer A., May J., (2012). Mapping Urban Malaria and Diarrhea Mortality in Accra, Ghana : Evidence of Vulnerabilities and Implications for Urban Health Policy. *Journal of Urban Health*, 89,6 :977-991.
- Fourchard L., (2002). *De la ville coloniale à la cour africaine : Espaces, pouvoirs et sociétés à Ouagadougou et à Bobo-Dioulasso (Haute-Volta) fin XIX^e siècle-1960*. Paris, L'Harmattan, 428 p.
- Fournet F., Cussac M., Ouari A., Meyer P., Toe H.K., Gouagna L., Dabire R.K., (2010). Diversity in *anopheline* larval habitats and adult composition during the dry and wet seasons in Ouagadougou (Burkina Faso), *Malaria Journal*, 9 :78.
- Gaye O., Faye O., Bah L.B., Diallo S., Diouf M., Ndiaye P., Ndiaye A.A., Trape J.F., (1991). Evolution de La chloroquinorésistance en zone urbaine. Résultats d'enquêtes menées à Dakar et Pikine. *Ann Soc Belge Méd Trop*, 71 : 329-330.
- INSD, (2008). *Recensement général de la population et de l'habitat 2006. Résultats définitifs*. Rapport de juillet 2008, 52 p.
- Klinkenberg E., McCall P.J., Wilson M.D., Amerasinghe F.P., Donnelly M.J., (2008). Impact of urban agriculture on malaria vectors in Accra, Ghana, *Malar J*, 7(151).
- Le Bris, (2000). Ouagadougou : de l'immobilisme à l'entropie. in Dureau F, Dupont V, Lelièvre E, Lévy J-P. et Lulle T. (Coordinateurs), *Métropoles en mouvement*, Anthropos et IRD (Eds), Paris, pp. 381-392.

- Machault V., Vignolles C., Pagès F., Gadiaga L., Gaye A., Sokhna C., Trape J.P., Lacaux J.P., Rogier C., (2010). Spatial heterogeneity and temporal evolution of malaria transmission risk in Dakar, Senegal, according to remotely sensed environmental data. *Malar J*, 9 (252).
- Mariko C.A.E.K., (1983). *Morphologie urbaine, organisation spatiale et processus de croissance d'une capitale régionale : Bobo-Dioulasso*. Université Paris 1, 369 p.
- Mitangala Ndeba P., Hennart P., D'Alessandro U., Donnen P., Porignon D., Bisimwa Balaluka G., Dramaix Wilmet M., (2008). Malnutrition protéino-énergétique et morbidité liée au paludisme chez les enfants de 0 – 59 mois dans la région du Kivu, République Démocratique du Congo. *Med Trop* 68(1) :51-7.
- Mourou J.R., Coffinet T., Jarjavall F., Cotteaux C., Pradines E., Godefroy L., Kombila M., Pagès F., (2012). Malaria transmission in Libreville : results of a one year survey. *Malar J* 11-40.
- Ngom R., Siegmund A., (2015). The key role of socio-demographic and socio-environmental factors in urban malaria occurrence and control e An illustration using the city of Yaoundé. *Social Science & Medicine* 133 :269-279.
- OMS & ONU-Habitat, (2010). *La face cachée des villes : mettre au jour et vaincre les inégalités en santé en milieu urbain*. Rapport mondial, Genève.
- OMS, (2013). Aide-mémoire N° 355. Mai 2013, Genève.
- OMS, (2014). World malaria report 2014. Genève, 242 p.
- OMONU, (2011). *Global status report on non communicable diseases*. Genève, 176 p.
- Rakotomalala R., (2014). *Pratique de la régression logistique. Régression Logistique Binaire et Polytomique*. Université Lyon 2 Lumière, 272 p.
- Sabatinelli G., Rossi P., Belli A., (1986). Etude sur la dispersion d'*Anopheles gambiae* s.l. dans une zone urbaine à Ouagadougou (Burkina Faso). *Parassitologia* 1986, 28 :33-39.
- Salem G., (2002). Peuplement, population et santé : une inégale répartition. In Charvet JP (ed.), Sivignon M (ed.) *Géographie humaine : questions et enjeux du monde contemporain*, Collection U : Géographie, Paris : A. Colin, pp. 67-95.
- Salem G., (1998). *La santé dans la ville : géographie d'un petit espace dense : Pikine (Sénégal)*. Paris, Karthala, ORSTOM, 198 p.
- Salem G., Legros F., Lefebvre-Zante E., Ndiaye G., Bouganali H., Ndiaye P., Badji A., Trape J.F., (1994). The urban environment and exposure to *Anopheles* in Pikine, Senegal. *Cah Santé*, 4 : 347-357.

RÉSUMÉS

Bien que plus tardive qu'ailleurs dans le monde, l'urbanisation est en pleine expansion sur le continent africain. Contrairement à ce que l'on avait pu observer en Europe, elle ne s'accompagne pas de la disparition des maladies de type infectieux ou parasitaire, bien que le poids des maladies non transmissibles se fasse largement sentir. Ainsi, le paludisme dont on prédisait la disparition dans les villes souvent perçues comme délétères du fait notamment de la pollution de l'environnement, y persiste. L'adaptation des moustiques vecteurs de la maladie à la pollution est une des causes de ce maintien mais aussi certaines pratiques spatiales de la population comme la persistance d'une agriculture périurbaine, voire même intra urbaine. Dans ces conditions, la transmission de la maladie pourrait être inégale et les populations ne seraient

donc pas soumises au même risque. L'étude conduite à Bobo-Dioulasso, seconde ville du Burkina Faso, avait pour objectif d'analyser la distribution du paludisme dans des quartiers différemment urbanisés et d'identifier les facteurs de risque permettant d'expliquer sa transmission. Il apparaît que la distribution du paludisme dans les quartiers étudiés est inégale : les quartiers centraux et anciennement urbanisés sont plus exposés au paludisme que les quartiers périphériques et plus récents. Cependant, il existe au sein de chaque quartier des sous espaces au sein desquels les enfants sont plus exposés à la maladie. Les déterminants du paludisme font ressortir l'importance de l'environnement (proximité des bas fonds) mais également des facteurs sociaux comme le niveau d'éducation de la mère des enfants et le niveau socio-économique des ménages. Au-delà de la démonstration de l'importance d'études croisant la diversité urbaine et la santé permettant de définir des profils sanitaires d'espaces et de populations, passant par l'élaboration de méthodologies adaptées au contexte urbain, notre ambition était de souligner le besoin d'une concertation entre politiques de santé et de la ville pour un meilleur contrôle de maladies comme le paludisme, à l'heure de la mise en œuvre de leur élimination.

Occurring with a time delay compared to what was observed elsewhere in the world, urbanization is expanding in Africa. In contrast to what happened in Europe, the decline of infectious diseases is not perceived, although non communicable diseases increase. Thus, malaria which should disappear from the cities because of environment pollution persists in cities. The adaptation of the vectors to water pollution could explain its persistence, with also some practices like urban agriculture. Under these conditions, transmission of the disease could be unequal and populations may be exposed to a different risk. The study conducted in Bobo-Dioulasso, second city of Burkina Faso, aimed to analyze the distribution of malaria in differently urbanized districts, and to identify the risk factors which may explain its spatial distribution. It appeared that the old central districts were more exposed to malaria than the recent peripheral ones. Moreover, spatial disparities could be observed inside districts. The determinants of malaria emphasized the importance of the environment (proximity of lowlands) and social factors like education level of the mother and socio-economic level of the household. This kind of study allowed defining health patterns of areas and populations according to methodologies adapted to the urban context. Beyond the demonstration of the importance of studies crossing urban diversity and health, our ambition was to underline the need for a dialogue between health and urban policies for a better control of diseases like malaria, at the time of the implementation of their elimination.

INDEX

Mots-clés : ville moyenne, Afrique de l'ouest, paludisme, disparités socio-spatiales

Keywords : medium size city, West Africa, malaria, socio-spatial disparities

AUTEURS

FLORENCE FOURNET

IRD, MIVEGEC (UMR 224), Montpellier, France - [Florence.fournet\(at\)ird.fr](mailto:Florence.fournet(at)ird.fr)

DAOUDA KASSIÉ

IRSS, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

ROCH K. DABIRÉ

Université Paris Ouest Nanterre la Défense, Nanterre, France

GÉRARD SALEM

IRD, CEPED (UMR 196), Paris, France

Dynamiques de peuplements, modifications environnementales et variation du risque trypanosomien dans le sud-ouest du Burkina Faso de 2005 à 2014

Population dynamics, changes environmental and risk change trypanosome in the southwest of Burkina Faso from 2005 to 2014

Pierre Fauret, Charles Dayo, Jean-Baptiste Rayaisse, Sié Herman Pooda, Fabien Dofini, Philippe Salano, Bernard Calas et Fabrice Courtin

Remerciements : Nous remercions le Laboratoire Mixte International sur les Maladies à Transmission Vectorielle (LAMIVECT) qui a financé cette étude et qui permis de rassembler des équipes pluridisciplinaires (géographes, entomologistes, vétérinaires) issues de plusieurs institutions (CIRDES, PATTEC, IRD, Université Bordeaux Montaigne).

Introduction

- 1 L'Afrique de l'Ouest comptait quelques 30 millions d'habitants au début du XX^e siècle, 300 millions d'habitants en 2010 et les projections démographiques prévoient qu'elle hébergera 705 millions de personnes en 2050 (UN, 2010). Ainsi, de 5 hab/km² au début du XX^e siècle la densité de population en Afrique de l'Ouest est passée à 50 hab/km² en 2010. Cette augmentation spectaculaire des densités de population, unique dans l'histoire de l'humanité par son ampleur et sa rapidité, a eu un profond impact sur le peuplement (densification et extension du tissu rural, expansion des villes notamment sous l'impulsion de l'exode rural) et le paysage (extension de l'emprise rurale, perte de la biodiversité, etc. ; Courtin et Guengant, 2011).
- 2 L'augmentation du nombre d'hommes, en association avec le développement économique et les changements climatiques, a également modifié la carte de certaines

pathologies, et particulièrement celle des maladies à transmission vectorielle dont les vecteurs sont fortement dépendants de conditions géographiques spécifiques (Doumenge, 1983). Par exemple, le développement du paludisme en forêt est directement lié à l'anthropisation, et notamment à l'ouverture du couvert forestier qui a permis l'ensoleillement indispensable des gîtes où se développent les larves de *Anopheles gambiae*, vecteur majeur de *Plasmodium falciparum* (Mouchet & Carnevale, 1996). De même, en ce qui concerne la distribution des glossines en Afrique de l'Ouest, des études ont mis en évidence une descente de plus de 100 kilomètres vers le Sud de la limite Nord de ces insectes, principaux vecteurs des trypanosomoses, notamment du fait du déboisement lié aux activités agricoles et des épisodes de sécheresse survenus au début des années 1970s (Courtin *et al.*, 2009).

- 3 Ces changements environnementaux touchent également le Burkina-Faso, pays soudano-sahélien enclavé. Avec une population estimée à 17,3 millions d'habitants en 2013 et une superficie de 274 200 km², la densité moyenne de la population au Burkina Faso est de 63 hab/km². Les plus fortes densités de population rurale dépassent les 100 hab/km², et se situent au centre du pays sur le plateau Mossi et en pays Bissa (Guengant, 2011). La saturation foncière au niveau du plateau Mossi et de ses marges et la réduction de la fenêtre migratoire en direction de la Côte d'Ivoire (fin des réserves foncières forestières notamment), impulsent de fortes dynamiques de peuplement en direction du Sud-Ouest du Burkina Faso, encore peu densément peuplé, où la pluviométrie est bonne, les sols de bonne qualité et où la terre reste encore accessible auprès des populations autochtones (Augusseau, 2007). Depuis le début des années 1990, le Sud-ouest du Burkina-Faso apparaît donc comme la destination privilégiée pour développer une activité agricole (anacarde, coton, sésame) ou d'élevage (petits ruminants, bovins ; Marchal & Quesnel, 1996). Pour les hommes, comme pour leurs animaux, cette installation ne se fait pas sans risque vis-à-vis des trypanosomoses, car si la plupart des régions burkinabés d'où sont originaires les nouveaux arrivants sont désormais exempts de glossines du fait d'une anthropisation déjà ancienne et prononcée, ce n'est pas le cas du Sud-Ouest où les glossines sont présentes en grande densité (de la Rocque *et al.*, 2001 ; Courtin *et al.*, 2010a ; Courtin *et al.*, 2010b).
- 4 Les trypanosomoses humaines et animales sont des parasitoses transmises par des insectes hématophages. De manière exclusive pour la Trypanosomiase Humaine Africaine (THA ou maladie du sommeil), et le plus souvent pour la Trypanosomose Animale Africaine (TAA ou Nagana), le trypanosome est transmis à l'hôte (homme, animal) lors de la piqûre d'une glossine (ou mouche tsé-tsé). Le cycle est le suivant : une glossine pique un hôte infecté, s'infecte, puis transmet le trypanosome lors d'une prochaine piqûre. Ainsi, toutes les piqûres de glossines ne sont pas infectantes, il faut au préalable que la glossine s'infecte sur un homme ou un animal malade. À la suite d'une piqûre infectante, les hommes contractent la THA et les animaux la TAA. Le trypanosome (*Trypanosoma brucei gambiense*) qui est pathogène pour l'homme en Afrique de l'ouest est différent des trypanosomes (*Trypanosoma brucei brucei*, *Trypanosoma congolense*, *Trypanosoma vivax*) pathogènes pour les animaux. Ainsi, la TAA peut-elle affecter les animaux d'un espace, alors que dans ce même espace les hommes sont exempts de THA, et inversement. La THA et la TAA peuvent également sévir de manière simultanée dans un même espace.

- 5 Au Burkina Faso, depuis 2000, aucun cas de transmission locale de THA n'a été diagnostiqué. Cependant des cas importés de Côte d'Ivoire sont diagnostiqués chaque année, il s'agit le plus souvent de manœuvres burkinabés qui travaillent dans les plantations de la zone forestière ivoirienne, et qui contractent la THA lors de leur séjour en Côte d'Ivoire (second pays le plus touché par la THA en Afrique de l'Ouest). Le risque de réactivation du cycle de transmission de la THA au Burkina Faso est donc bien réel du fait de ces manœuvres trypanosomés de retour de Côte d'Ivoire et de la présence de glossines dans le Sud-Ouest du Burkina Faso, foyer historique de THA (Kiendrebeogo *et al.*, 2012). Au Burkina Faso la TAA représente un frein majeur à l'élevage du fait de la morbidité et de la mortalité qu'elle inflige, notamment au cheptel bovin. C'est d'ailleurs pour pallier à cette contrainte avérée liée à la TAA et au risque THA qu'a été mis en place sous l'initiative de l'Union Africaine, la Pan African Tsetse and Trypanosomiasis Eradication Campaign (PATTEC) dans plusieurs pays d'Afrique, dont le Burkina Faso (<http://www.pattec.bf/>).
- 6 Désormais dans le Sud-ouest du Burkina Faso, du fait d'une immigration massive en provenance des autres régions du pays, la pression foncière est devenue telle que les hommes se rapprochent des rives des cours d'eau, qui étaient autrefois délaissées, malgré leur fertilité, en grande partie à cause de leur insalubrité (onchocercose, trypanosomiase, filariose lymphatique etc.) et des risques culturels encourus (crues, insectes ravageurs, dégâts causés par les animaux tels que les hippopotames). Les hommes, et les animaux qu'ils élèvent, se rapprochent ainsi des glossines, provoquant probablement à court terme une augmentation du contact hôte/vecteur et par là une augmentation du risque de transmission des trypanosomoses.
- 7 Ce travail a donc comme objectifs de caractériser le peuplement et l'emprise rurale des rives de la Comoé (terroirs de Folonzo et de Logogniégué) en 2014 et de les comparer à une étude similaire menée en 2005 par Courtin (2007). Cette comparaison diachronique permettra de caractériser l'évolution de la pression anthropique au niveau des rives de la Comoé sur la période 2005-2014, et de déterminer quelles implications ces changements pourraient avoir en termes de risque trypanosomien pour les hommes et leurs animaux.

Outils d'investigations interdisciplinaires du système pathogène des trypanosomoses

Localisation et présentation de la zone d'étude : les terroirs de Folonzo et de Logogniégué

- 8 Notre zone d'étude se situe sur les terroirs de Folonzo et de Logogniégué. Elle couvre une superficie de 25 km². Administrativement, Folonzo est rattaché au département de Niangoloko tandis que Logogniégué est affilié au département de Mangodara. Ces 2 départements, frontaliers à la Côte d'Ivoire, dépendent de la Province de la Comoé, elle-même rattachée à la région des Cascades (**figure 1**). A Folonzo situé sur la rive Ouest (droite) de la Comoé, les populations autochtones sont Dioula (rattachés au Royaume de Kong en Côte d'Ivoire) tandis qu'

à Logogniégué situé sur la rive Est (gauche) de la Comoé, les autochtones sont Dogossé. Ces populations sont pour la majorité de confession musulmane, fonctionnant selon un modèle familial traditionnel polygame. Le terroir de Folonzo (rive droite et Ouest de la Comoé) est polarisé par le village de Folonzo, alors que le terroir de Logogniégué (rive gauche et Est de la Comoé)

s'articule autour du village de Logogniégué.

- 9 La région est caractérisée par un réseau hydrographique pérenne et dense qui bénéficie, à cette latitude, d'une pluviométrie annuelle d'environ 1000 mm/an. Le fleuve Comoé prend sa source à quelques kilomètres au Nord de Banfora et s'écoule vers le sud en direction de la Côte d'Ivoire en décrivant de nombreux méandres dans la savane boisée. Les rives de la Comoé sont couvertes d'une forêt galerie peuplée de différentes espèces végétales comme *Syzygium guineense* et *Hymenocardia beudelotti*. Cette forêt constitue un bon gîte à glossines (**figure 2**). Trois espèces de glossines sont présentes dans la zone *Glossina palpalis gambiensis* et *Glossina tachinoides* le long de la Comoé et de ses principaux affluents, et *Glossina morsitans submorsitans* au niveau des interfluvies de la forêt-classée de la Comoé-Léraba (Rayaisse *et al.*, 2009). Cette zone est longtemps restée inhabitée notamment du fait des nuisances liées aux simulies et à l'onchocercose (ou cécité des rivières) qui sévissait avant la mise en place de l'Onchocerciasis Control Program (OCP) en 1974. L'agriculture s'apparente principalement à une activité vivrière de type extensive sur brûlis (**figure 3**). Les cultures principales sont le sorgho, le maïs et en faible quantité, le riz. Les cultures de rente sont le coton et le sésame, auxquelles viennent s'ajouter les plantations d'anacardières très nombreuses. L'élevage consiste en quelques caprins, ovins et depuis peu des bovins.

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

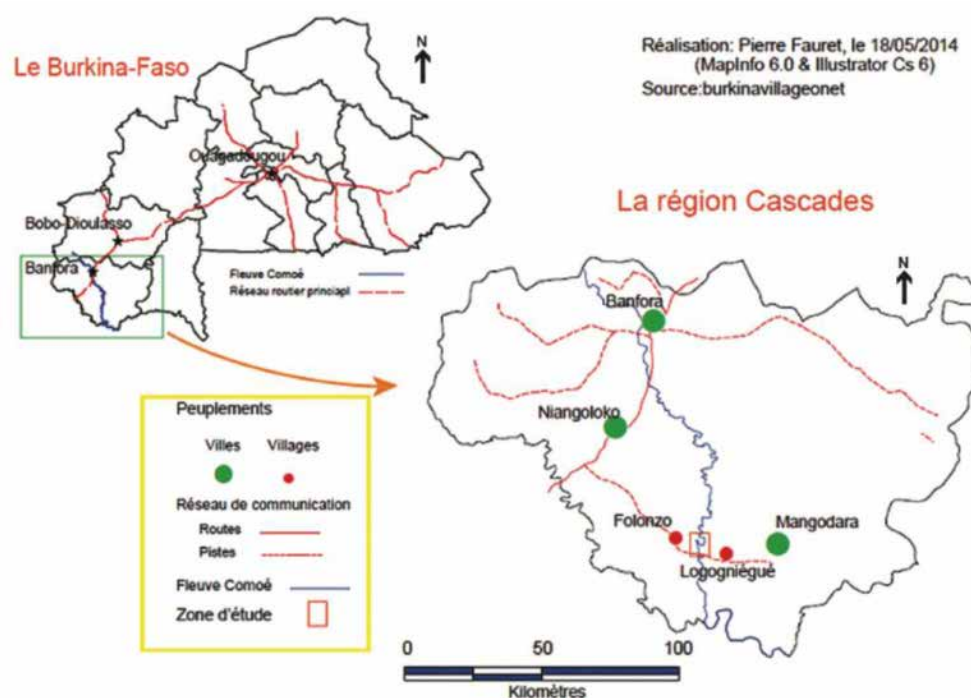


Figure 2 : Le fleuve Comoé et la forêt-galerie soudanienne qui le borde (gîte à glossines)



Figure 3 : Déboisement par brûlis pour la mise en culture



Dénombrement géoréférencé de la population et questionnaire géographique

- 10 Les déplacements dans la zone ont été effectués en 2 roues en avril-mai 2014. Un questionnaire géographique selon un entretien semi-directif (lieux d'approvisionnement en eau, lieux de fréquentation en Côte d'Ivoire) a été appliqué afin de recueillir des informations sur le parcours géographique et les pratiques spatiales quotidiennes des populations composant le peuplement (**figure 4**). Chaque chef de campement ou de hameau a été interrogé sur la population humaine composant son peuplement et sur le nombre de bovins détenus. Il faut spécifier que les réponses à ces questions sont susceptibles de contenir des informations partielles voir inexactes. Par exemple, le nombre de bovins possédés a pu être sous-estimé, même si la promesse de traiter les animaux infectés a probablement réduit ce biais. Les coordonnées géographiques du peuplement et des points d'approvisionnement en eau utilisés par les populations ont été relevées à l'aide du Global Positioning System (GPS).

Figure 4 : Séance d'administration d'un questionnaire géographique auprès d'un chef de campement



Cartographie du territoire (emprise rurale et réseau de pistes)

- 11 La cartographie de l'emprise rurale a été effectuée en traçant le contour des champs à pied à l'aide d'un GPS en avril-mai 2014. Aucune association de culture sur la même parcelle n'a été identifiée dans la zone. Ainsi, le type de culture pratiquée a été spécifié en prenant et nommant un point GPS à l'intérieur des champs afin d'attribuer à un point unique une valeur observée à l'échelle du champ. Les cultures intensives et extensives ont été différenciées. Nous avons mis en évidence trois types de culture de rente que sont le coton, le sésame et l'anacarde, puis nous avons décliné les cultures vivrières en deux catégories à savoir un mélange maïs, sorgho, arachide et un mélange maraichage, riz, haricot. Enfin, nous avons géoréférencé tout le réseau de

communication local c'est-à-dire les pistes qui reliaient les campements entre eux, les campements aux points d'eau et aux champs.

Entomologie et parasitologie animale

- 12 La cartographie du territoire et de la distribution des hôtes (homme, animal) ont permis d'établir le programme des missions d'entomologie pour déterminer les densités de glossines et celui des enquêtes vétérinaires pour définir le statut parasitologique des bovins. Plus précisément, la caractérisation de l'emprise rurale nous a permis de sélectionner les sites de piégeage des glossines où des pièges biconiques Challier-Laveissière ont été posés en juin 2014 pour une durée de 48 heures au niveau de la forêt-galerie de la Comoé, afin de déterminer les densités de glossines (**figure 5**).
- 13 La localisation du cheptel bovin issu du dénombrement nous a permis d'établir un calendrier précis de l'enquête vétérinaire visant à déterminer les prévalences des TAA. Pour cette étude parasitologique, menée en juin 2014, le sang a été collecté au niveau de la veine jugulaire dans des tubes vacutainer avec anticoagulant (**figure 6**). La recherche des trypanosomes a été faite selon la *Buffy Coat Technique* (BCT ; Murray *et al.*, 1977) tandis que le statut sérologique des animaux a été déterminé par la méthode ELISA (Desquesnes *et al.*, 2007 ; Desquesnes, 1997).

Figure 5. Piège biconique placé sur les berges de la Comoé



Figure 6 : Prélèvements sanguins à la veine jugulaire d'un bovin pour déterminer son statut en terme de Trypanosomose Animale Africaine



Résultats

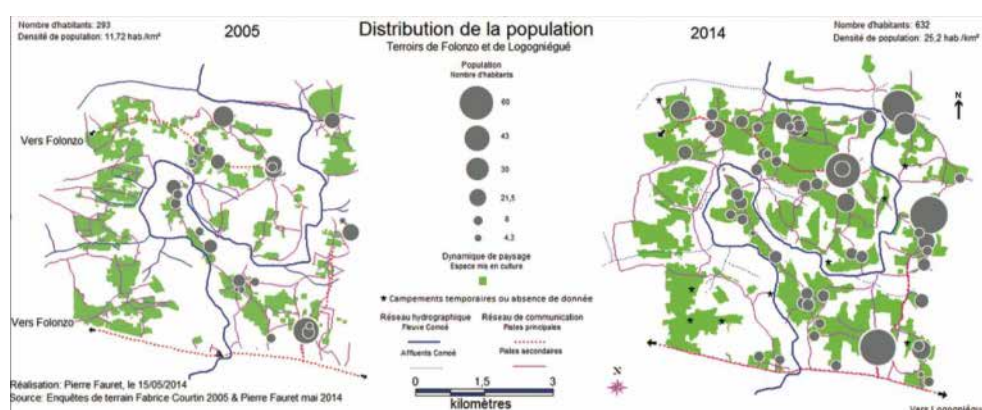
Dynamiques de peuplements et évolution de l'emprise rurale sur les rives du fleuve Comoé

- ¹⁴ Entre 2005 et 2014, la trame du peuplement a considérablement évolué. En 2005, la population de la zone d'étude (25 km²) était estimée à 293 individus (Courtin, 2007), soit une densité de population de 11,5 hab/km². En 2014, 632 individus ont été recensés soit plus du double qu'en 2005 ce qui porte la densité de population à 25,2 hab/km². La **figure 7** met en évidence l'évolution du nombre d'habitants entre 2005 et 2014 ainsi que l'évolution de leur distribution. En 2005, on dénombrait 25 campements alors qu'on en a recensé 57 en 2014. Si le nombre de campements a presque triplé en 10 ans et que le nombre d'habitants a été multiplié par deux, la dynamique spatiale d'implantation des hommes a également évolué. La **figure 7** met en évidence une occupation de l'espace différente aux deux dates. En 2005, le méandre de la rive droite (terroir de Folonzo) n'était que faiblement peuplé avec 9 unités de peuplement. Aujourd'hui, nous comptabilisons 24 unités de peuplement implantées à l'intérieur du méandre. De la même manière, le méandre de la rive gauche (terroir de Logogniégué) s'est largement peuplé par rapport à 2005. Néanmoins, sur cette rive, les campements se concentrent davantage le long des pistes « carrossables » à savoir, celle qui suit la Comoé selon un axe Nord/Sud et celle qui relie les deux villages de Folonzo et de Logogniégué. De façon étonnante, la portion Sud de la rive droite ne semble pas s'être peuplée pour autant. Cependant, nous avons observé 5 campements dont 3 temporaires et 2 permanents proches de la Comoé et de la piste principale. Sur cette portion de la zone d'étude, les terres semblent avoir été confiées à des habitants du village de Folonzo. Ces personnes ont donc établi des installations temporaires sur leurs terres où elles séjournent en fonction du calendrier agricole. Enfin, on note

l'apparition d'un site d'orpaillage où l'on a dénombré 60 personnes, mais compte tenu du caractère mobile de ces individus, il est fort probable que le campement de ce site aurifère soit plus ou moins peuplé au gré des découvertes de filons.

- 15 De 2005 à 2014, la végétation originelle des interfluves et de la forêt galerie a été progressivement dégradée, principalement du fait des activités agricoles et pastorales. En 2005, l'emprise rurale des terroirs de Folonzo et de Logogniégué était équivalente à 653 hectares, tandis qu'en 2014, la superficie mise en culture est estimée à plus de 1200 hectares, soit presque le double qu'en 2005. Désormais, les rives de chaque méandre de la Comoé sont mises en culture au détriment de la végétation interfluve et parfois même de la forêt galerie. Près de la moitié de la zone étudiée est désormais emblavée.
- 16 Parmi les surfaces présentées comme cultivées, 246 hectares soit le quart de la superficie estimée en culture est en cours de défrichement, ce qui est considérable et qui dénote l'activité du front pionnier. Par ailleurs, plus de 200 hectares sont dédiés à la jachère, ce qui tend à prouver l'ancienneté de ce front pionnier.
- 17 Les cultures les plus pratiquées sont le mélange maïs/sorgho/arachide (plus de 300 hectares) et le sésame (243 hectares). Enfin, nous avons pu observer que de petites superficies de riziculture et de cultures maraîchères émergent, notamment à proximité du fleuve ou au cœur de la forêt galerie. L'amorce de cette pratique culturale, auparavant absente dans la zone, illustre une volonté de cultiver à proximité des rives du fleuve et une tendance à la mise en place d'une agriculture irriguée.

Figure 7 : Dynamique de peuplements et évolution de l'emprise rurale dans la zone d'étude entre 2005 et 2014

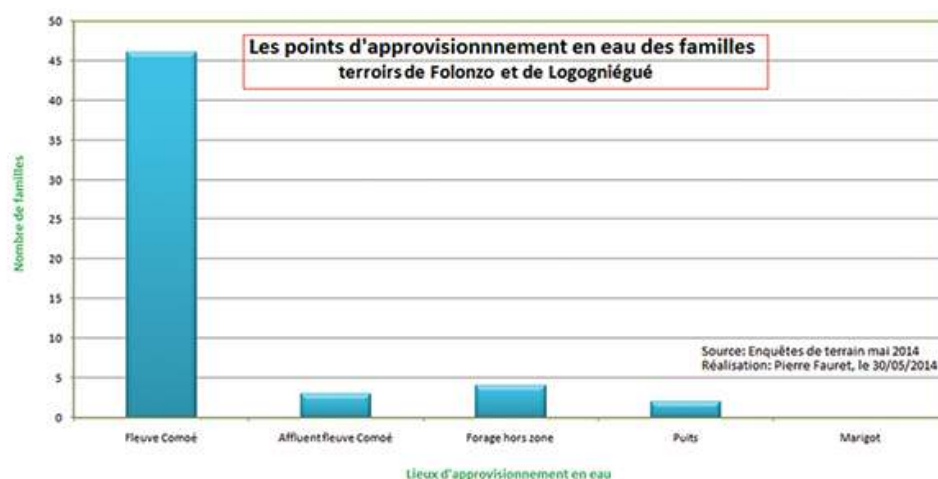


Pratiques spatiales assimilées à un fort contact homme/glossine

- 18 Les enquêtes portant sur les points d'approvisionnement en eau montrent que 46 des 57 familles recensées dans la zone s'approvisionnent au niveau du fleuve Comoé (**figure 8**). Rares sont les familles qui s'approvisionnent en eau de boisson par l'intermédiaire d'un forage ou d'un puits. Ce sont principalement les femmes qui vont quotidiennement chercher l'eau à la Comoé, où les glossines gâtent (**figure 9**).
- 19 Aujourd'hui la qualité de l'eau de la Comoé se dégrade. En effet, depuis le début des activités liées à la recherche de l'or sur la rive gauche et les pratiques inhérentes, l'eau du fleuve se trouble fortement, particulièrement en aval du point principal de fouille.

Les orpailleurs brassent dans le fleuve la terre et les cailloux récoltés sur les rives à la recherche des pépites d'or. L'utilisation probable de mercure ou de cyanure représentant un tout autre risque sanitaire. Hormis cette dégradation de la qualité de l'eau, la recherche d'or constitue une pratique à risque en terme de THA, par le temps que les orpailleurs passent au niveau des gîtes à glossines (**figure 10**).

Figure 8 : Modes d'approvisionnements en eau des riverains de la Comoé



Mouche tsé-tsé, Burkina Faso



Cliché : International Atomic Energy Agency, 2015, Wikimedia commons).

Figure 9 : Point d'approvisionnement en eau sur les berges du fleuve Comoé



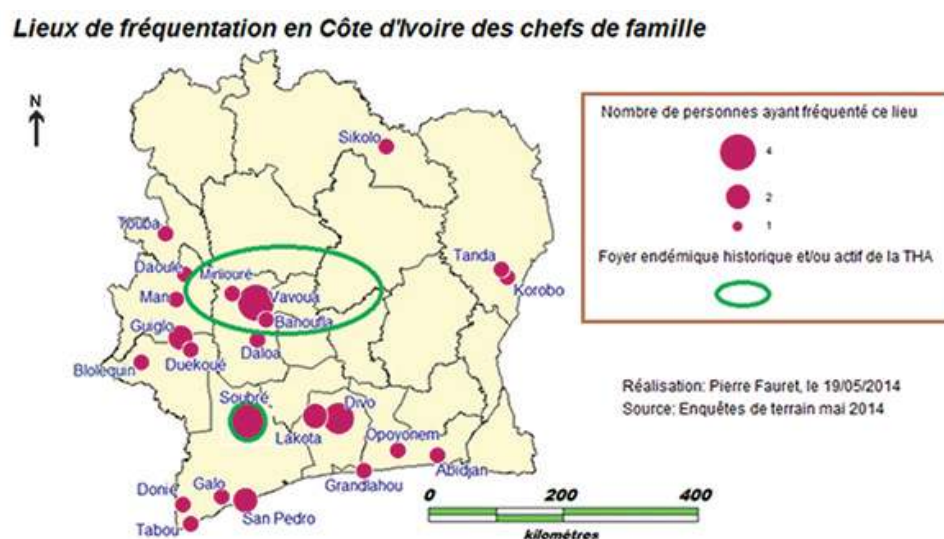
Figure 10 : Orpailleurs en pleine recherche de pépites d'or dans le lit de la Comoé



Liens migratoires avec la Côte d'Ivoire, second pays le plus touché par la THA en Afrique de l'Ouest

- 20 Nos enquêtes ont révélé qu'environ 25 chefs de familles sur 57 ont déjà été en Côte d'Ivoire, soit près de la moitié. Leurs lieux de fréquentation sont souvent différents mais néanmoins 10 d'entre eux disent avoir fréquenté de manière très régulière des foyers historiques endémiques de THA durant leur vie. La **figure 11** situe les foyers de Vavoua, Banoufla, Miniouré et Daloa fréquentés par les chefs de famille. Par ailleurs, même si le fait d'avoir fréquenté un foyer endémique de THA est plus que déterminant pour évaluer le risque trypanosomien dans notre zone d'étude, les activités menées par les chefs de famille dans ce foyer le sont tout autant. En effet, 22 d'entre eux ont travaillé dans les plantations de café/cacao et 14 étaient manœuvres dans ces mêmes plantations, une activité particulièrement à risque de contracter la THA (Hervouet & Laveissière, 1987).

Figure 11 : Lieux fréquentés en Côte d'Ivoire par les chefs de famille



Les pratiques pastorales dans la zone d'étude

- 21 Lors des enquêtes de terrain menées en 2005, aucun bovin sédentaire, c'est-à-dire non transhumant et identifié comme un animal de trait appartenant à un chef de campement n'avait été dénombré dans la zone d'étude riveraine de la Comoé. Seuls des zébus en transhumance avaient alors été repérés. En 2014, 121 bovins de traits sédentaires ont été dénombrés inégalement répartis sur les deux rives (**figure 12**). La mise en place récente de cet élevage de bovins sédentaires crée le risque trypanosomien, puisque ces bovins nouvellement installés s'abreuvent uniquement à la Comoé et pâturent à proximité, alors que les glossines sont présentes en fortes densités (**figure 13**). Il faut ajouter à cela, la proximité immédiate de la forêt classée de la Comoé-Léraba où subsiste une faune sauvage résiduelle (cob de Buffon, phacochère, cob defassa etc.), excellent réservoir de trypanosomes (*T. congolense*, *T. vivax*) pathogènes pour les animaux.

Figure 12 : Distribution des bovins sédentaires

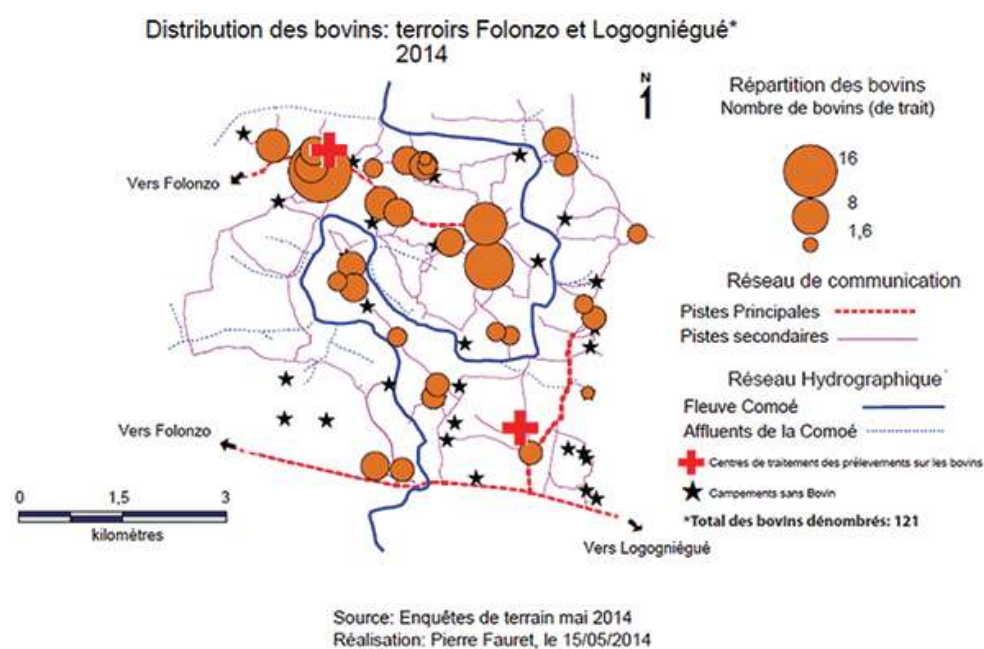


Figure 13 : Troupeau de bovins sédentaires venant s'abreuver à la Comoé

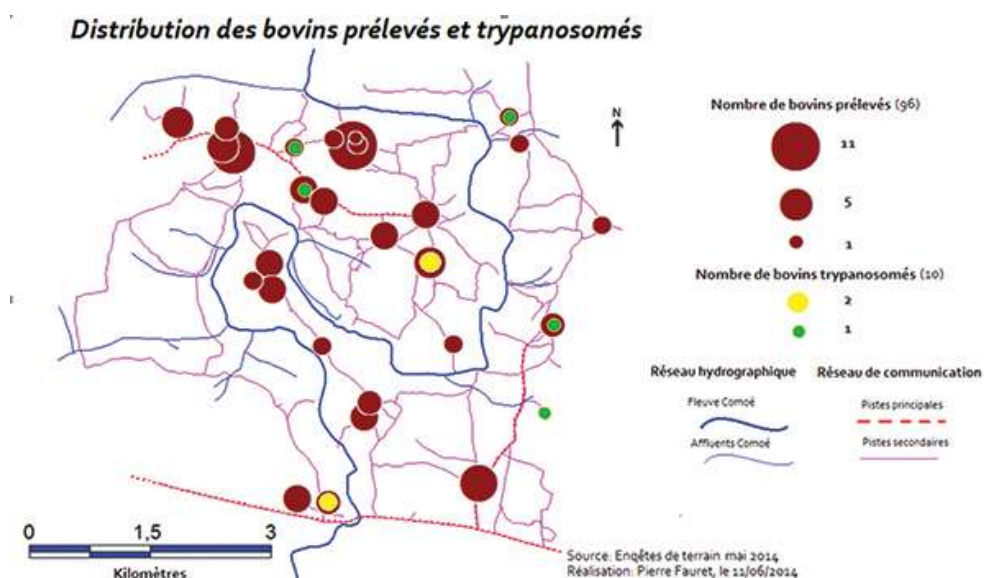


Prévalence de la Trypanosomose Animale Africaine

- 22 Au mois de mai 2014, sur les 121 bovins dénombrés, 96 ont été prélevés, parmi lesquels 10 ont été déclarés positifs en parasitémie (BCT) et 96 positifs en sérologie (tests ELISA ;

figure 14). La prévalence parasitologique est donc de 10 % tandis que la séroprévalence de 100 %. L'utilisation d'une chimio-prophylaxie médicamenteuse (trypanocides à effet prophylactique) visant à permettre la survie de ces animaux dans la zone, peut expliquer pourquoi les bovins positifs en sérologie ont été diagnostiqués négatifs en parasitologie. L'effet du trypanocide ne permet pas d'identifier le trypanosome par microscopie du fait d'un faible taux de parasitémie. Ainsi, la carte de distribution de la TAA est très probablement floutée par l'utilisation de trypanocides. La **figure 14** permet de voir que les bovins atteints de TAA (parasitémie positive) sont éparpillés dans toute la zone et qu'ils sont rattachés à plusieurs élevages.

Figure 14 : Distribution des bovins prélevés et positifs à la TAA



Densités de glossines

- 23 En 2006, le piégeage effectué le long de la Comoé, au Nord dans la zone d'étude et au Sud dans la forêt classée de la Comoé-Léraba, a mis en évidence de fortes densités de glossines (**figure 15**). Quatre pièges dont 2 dans la zone d'étude (à proximité du pont) et 2 dans la forêt classée avaient à l'époque capturés plus de 100 glossines en 24 h. Les glossines étaient donc présentes en nombre important à la fois dans la zone d'étude et dans la forêt classée. En mai 2014, pour une durée de 48 heures de piégeage la densité moyenne de glossines piégées est de 14,67 (**figure 16**). Le piège le plus prolifique a récolté 49 glossines.
- 24 Au niveau de la biodiversité des espèces de glossines rencontrées, *Glossina morsitans submorsitans* semble avoir disparue de notre zone d'étude (0 mouche de cette espèce capturée) tandis qu'elle se fait de plus en plus rare dans la forêt classée (5 mouches de cette espèce capturées). Par ailleurs, les espèces *Glossina palpalis gambiensis* et *Glossina tachinoides* sont toujours bien présentes dans la zone aussi bien au niveau de la zone d'étude que dans la forêt classée.

Figure 15 : Nombre de glossines capturées le long de la Comoé en 2006

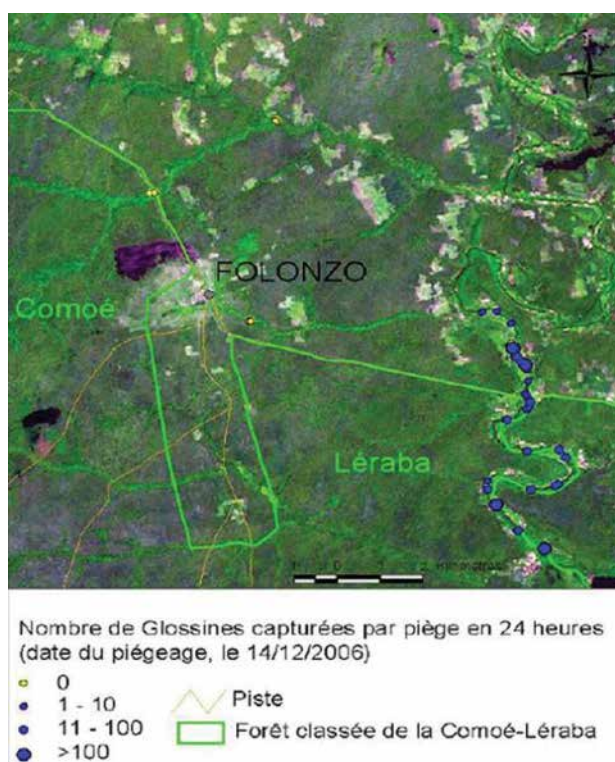
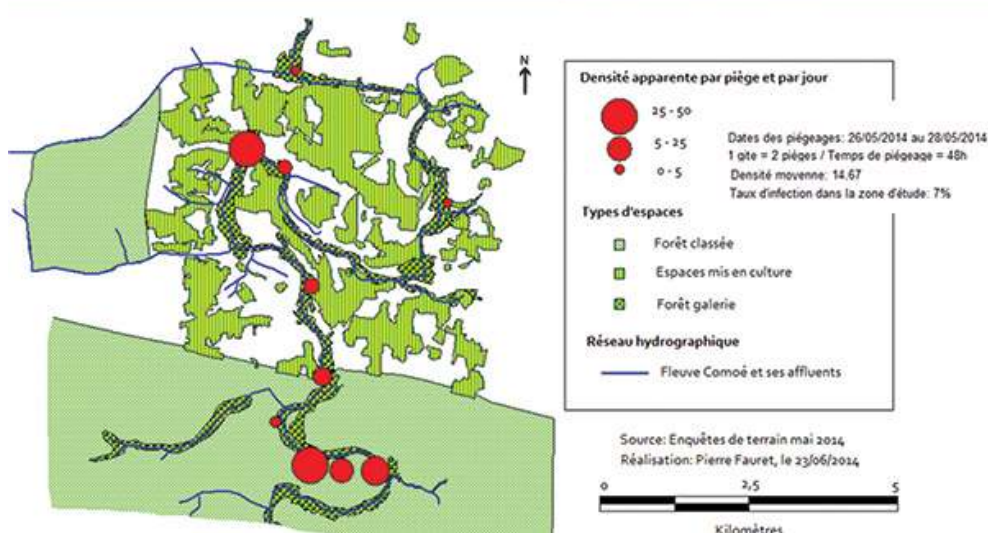


Figure 16 : Nombre de glossines capturées le long de la Comoé en 2014



Discussion

- 25 Depuis 2005, de profonds bouleversements sont intervenus dans la partie des terroirs de Folonzo et de Logogniégué situés sur les rives de la Comoé. Ces modifications environnementales et comportementales augmentent à court terme le risque de transmission des trypanosomoses humaines et surtout animales du fait de l'apparition de l'élevage dans la zone. Tout d'abord, l'augmentation de la densité de population humaine, passée de 11,5 à 25,2 hab/km² entre 2005 et 2014, est en grande partie liée à

l'arrivée de migrants dont certains ont fréquenté ou fréquentent des foyers endémiques de Côte d'Ivoire, et sont donc susceptibles d'être porteurs du trypanosome. Ces migrants ont défriché et cultivent de larges superficies au détriment de la savane boisée et de la forêt galerie. En moins de 10 ans, les surfaces cultivées ont été multipliées par 2, passant d'un peu plus de 600 hectares à plus de 1200 hectares. Ainsi, le doublement de la population correspond à un doublement des surfaces cultivées comme cela avait déjà été observé lors de l'installation de rapatriés en provenance de Côte d'Ivoire entre 1999 et 2005 (Courtin *et al.*, 2010c). Si la forêt classée de la Comoé-Léraba, située au Sud de notre zone d'étude, n'a pas encore été mise en culture par les migrants agricoles, elle fait déjà l'objet d'une activité de braconnage intense qui met en péril la faune résiduelle, et elle est également soumise à de fréquentes incursions de bovins transhumants et sédentaires (**figure 17**). Les forêts classées voisines de Dida, Koflandé et Koulbi situées dans des fronts pionniers plus anciens, sont en revanche largement sujettes au défrichement et à la mise en culture, ce qui dénote un phénomène général d'anthropisation des territoires (Augusseau, 2007 ; Sangli, 2011).

- 26 Dans notre zone d'étude, les surfaces en cours de défrichement qui seront mises en culture dès l'année prochaine (2015) atteignent près de 250 hectares, ce qui est considérable et dénote la progression du front. Cependant, la présence de jachères sur plus de 200 hectares montre un vieillissement du front pionnier. L'étude de la composition ethnique de la population dans la zone d'étude révèle que les autochtones Mossi sont désormais plus nombreux que les autochtones Dioula et Dogossé. Les Mossi, désormais majoritaires, sont des grands travailleurs et leur capacité de défrichement a été qualifiée de « *défolement géographique* » dans les pratiques de mise en culture (Rémy, 1986).
- 27 Actuellement, ce territoire évolue rapidement vers une situation de saturation foncière favorable au développement de la jachère dans un premier temps puis à la diminution de ce temps de jachère dans un second temps et donc à plus long terme, à l'érosion des sols et à leur dégradation. Ce type d'évolution, somme toute assez classique en Afrique de l'Ouest soudanienne, et son impact à long terme sur la distribution spatiale des glossines, a déjà été constaté au Burkina Faso, puisque de 1949 à 2009, les glossines ont perdu une superficie de 70 000 km² principalement du fait des épisodes de sécheresse des années 1970s et d'une augmentation des densités de population humaine et animale, favorable à long terme au phénomène de désertification (Laveissière *et al.*, 1988 ; Courtin *et al.*, 2010a).
- 28 Sur les rives de la Comoé, l'augmentation du peuplement et l'extension des surfaces cultivées au détriment de l'espace savanique et de la forêt galerie a eu un impact sur les densités de glossines. Ainsi, une diminution numérique importante a pu être observée dans la zone d'étude mais pas nécessairement dans la forêt classée. L'impact de l'anthropisation se traduit par la disparition (hormis dans la forêt classée) de *Glossina morsitans submorsitans*, espèce de glossine essentiellement rattachée aux interfluviaux et inféodée à la faune sauvage. Cette dernière représente donc un excellent indicateur biologique de l'état de conservation d'un espace, et notamment du niveau de préservation des grands mammifères. L'impact de l'anthropisation sur les populations de glossines dans cette zone a d'ailleurs été largement décrit par Rayaisse *et al.*, 2009.
- 29 Malgré tous ces éléments, la transmission des trypanosomoses ne dépend pas uniquement des densités de glossines mais reste conditionnée à l'intensité du contact hôte/vecteur (Laveissière et Hervouët, 1998). Le rôle des hommes et des animaux dans

la dynamique de transmission, de diffusion et de propagation, a déjà été démontré lors d'études antérieures (Boutrais, 1999a ; Hervouët & Laveissière, 1987 ; Courtin *et al.*, 2005). Que ce soit en zone forestière ivoirienne, dans la mangrove guinéenne ou en savane burkinabé, la dynamique spatiale des trypanosomoses est largement fonction des modes de vie, comportements et pratiques des hommes et des animaux qu'ils élèvent.

- 30 Le risque de résurgence de la THA dans notre zone d'étude est donc aussi fonction des pratiques quotidiennes des hommes et particulièrement de leurs déplacements vers les points d'eau et de la fréquentation de ces derniers, où les glossines gâtent (Hervouët *et al.*, 2000). Ce risque de résurgence est également fonction des expériences de vie des chefs de familles dénombrés dans la zone d'étude. Il faut noter qu'une prospection médicale sur la THA avait été effectuée en 2006 dans cette zone, et qu'elle n'avait dépisté aucun cas de THA (Courtin *et al.*, 2010b). Cependant, comme le montre la dynamique de peuplement le contact homme/glossine s'accroît du fait d'un rapprochement des lieux d'habitation aux gîtes de glossines et d'une augmentation du nombre d'hommes à proximité de ces mêmes gîtes. Il semble nécessaire de mettre en place une surveillance épidémiologique au niveau des structures fixes de santé régionales afin d'éviter tout risque de réémergence. C'est d'ailleurs ce qui a été fait dans les villes de Bobo-Dioulasso, Banfora et Gaoua en 2015, grâce à la formation des agents de santé et à l'équipement en Test de Diagnostic Rapide (TDR) pour la THA de ces sites. C'est grâce à la mise en place de ce système, qu'un cas autochtone de THA a été dépisté fin 2015 dans le village de Gouéra, à 10 kilomètres au Nord-Ouest de Banfora. Ce cas montre combien les mutations spatiales en cours dans nombre de pays d'Afrique de l'Ouest, en lien avec les dynamiques de peuplement et le déboisement, représentent un risque épidémiologique en termes de THA, et en termes de diverses pathologies (leishmaniose, arboviroses, Ebola etc.).
- 31 Par ailleurs, contrairement à la THA, la TAA continue de sévir dans la zone d'étude avec un taux de prévalence parasitologique qui s'élève à 10 % chez les bovins en 2014, comme dans le secteur de Sidéradougou où : « *Les trypanosomoses bovines demeurent une préoccupation majeure de l'élevage dans la zone agropastorale de Sidéradougou. Elles sévissent de manière enzootique avec une prédominance nette des infections par T. vivax, une prévalence et un impact clinique élevés de T. congolense* » (Desquesnes *et al.*, 1999). En 2005, l'activité pastorale sédentaire étant absente, la TAA ne pouvait donc sévir de manière permanente, mais existait probablement chez les transhumants. La mise en place d'un élevage permanent dans cette zone infestée de glossines et située en lisière d'une forêt classée a permis au système pathogène de la TAA de s'exprimer durablement, malgré une forte pratique de prophylaxie préventive à partir de trypanocides. Le bétail sédentaire est désormais en contact régulier avec les populations de glossines, notamment au niveau des points d'abreuvement et lors des parcours de pâture. Egalement, prenant en compte la présence de bovins d'élevage transhumants dans la zone d'étude et particulièrement pendant la période sèche (période d'inactivité agricole), le risque épidémiologique en termes de TAA, semble être plus élevé en 2014 qu'en 2005. En effet parallèlement, les transhumances de bétail continuent de se dérouler selon un axe Nord/Sud (de la boucle du Mouhoun jusqu'en Côte d'Ivoire, 2 régions endémiques de TAA), ce qui permet probablement un brassage régulier des parasites entre ces différents espaces. Il est à noter que l'acquisition de bovins de traits pour les travaux champêtres exprime un enrichissement (relatif) progressif des

migrants comparativement à leur situation de 2005, et par là-même une certaine ancienneté du front pionnier.

Figure 17 : Peau d'un jeune « Koba » (hyppotrague) tué dans la forêt classée de la Comoé-Léraba



Conclusion

- 32 La présente étude illustre les dynamiques de peuplements et de paysages en cours dans les campagnes d'Afrique subsaharienne, essentiellement du fait de la croissance démographique, même si les changements climatiques ne sont pas indépendants à ces phénomènes (Boutrais, 1999b). Ces dynamiques, fulgurantes, sont particulièrement prononcées en Afrique de l'Ouest, où la déforestation et la saturation foncière s'accroissent de jour en jour. Si cette situation pose des problèmes en termes d'infrastructures, de développement durable, de conservation des espaces protégés, d'érosion des sols, de sécurité alimentaire, de gestion foncière et de gestion de l'espace de manière générale, c'est à l'aspect épidémiologique, à travers l'exemple des trypanosomoses, que nous nous sommes intéressés. C'est ainsi que cette recherche montre comment les dynamiques de peuplement et les mutations territoriales qui les accompagnent, créent parfois des situations géographiques qui permettent aux systèmes pathogènes de certaines maladies de fonctionner (Handshumacher & Hervouët, 2004). Également, cette étude permet de faire le lien avec le développement d'une approche intégrée conformément au concept « *One Health* » qui vise à renforcer les liens entre santé humaine, santé animale et gestion de l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

- Augusseau X., (2007). *Evolution des systèmes agro-pastoraux dans le sud-ouest du Burkina Faso, interactions et dynamiques territoriales*, Thèse en Géographie, Université Paul Valéry-Montpellier III, 312 p.
- Boutrais J. (1999a). *Zébus et mouches tsé-tsé : chronique de l'élevage en Adamoua (Cameroun)*. In : L'homme et l'animal dans le bassin du lac Tchad. ORSTOM, pp. 599-626.
- Boutrais J., (1999b). *Les éleveurs, une catégorie oubliée de migrants forcés*. In : Déplacés et réfugiés, la mobilité sous contrainte. Editions IRD, Collection colloques et séminaires, pp. 161-192.
- Courtin F., (2007). *Les dynamiques de peuplement induites par la crise ivoirienne dans l'espace ivoiro-burkinabé, au regard de la maladie du sommeil*, Thèse en Géographie, Université Paul Valéry-Montpellier III, 303 p.
- Courtin F., Sidibé I., Rouamba J., Jamonneau V., Gouro A., Solano P., (2009). Impacts des évolutions démographiques et climatiques sur la répartition spatiale des hommes, des tsé-tsé et des trypanosomes en Afrique de l'Ouest, *Parasite*, n° 16, pp. 3-10.
- Courtin F., Rayaisse J.-B., Serdebeogo O., Tamboura I., Koudougou Z., Solano P., Sidibé I., (2010a). Updating the northern tsetse limit distribution in Burkina Faso : impact of global change. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7, pp. 1708-1719.
- Courtin F., Jamonneau V., Kambiré R., Solano P., (2010b). Crise ivoirienne et rapatriés burkinabés : évaluation et vérification du risque de réémergence de la maladie du sommeil au Burkina-Faso, *Médecine Tropicale*, pp. 490-496.
- Courtin F., Fournet F., Solano P., (2010c). La crise ivoirienne et les migrants burkinabés : l'effet boomerang d'une migration internationale, *Afrique Contemporaine*, 4, 236, pp. 11-27.
- Courtin F., Guengant J.-P., (2011). Un siècle de peuplement en Afrique de l'Ouest, *Nature Sciences Sociétés*, n° 19, pp. 256-265.
- De la Rocque S., Michel J.-F., Cuisance D., De Wispelaere G., Augusseau X., Solano P., Arnaud M., Guillobez S., (2001). Du satellite au microsatellite, Le risque trypanosomien : une approche agricole pour une décision locale. Editions du CIRAD, 151 p.
- Desquesnes M., (1997). Standardisation internationale et régionale des épreuves immuno-enzymatiques : méthodes, intérêts et limites, *Revue scientifique et technique de l'Office International des Epizooties*, pp. 809-823.
- Desquesnes M., Michel J.-F., De La Rocque S., Solano P., Millogo L., Bengaly Z., Sididé I., (1999). Enquête parasitologique et sérologique (Elisa-indirect) sur les trypanosomoses des bovins dans la zone de Sidéradougou, Burkina-Faso ». *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, n° 52, pp. 223-232.
- Doumenge J.-P., (1983). De l'épidémiologie à la géographie humaine, In : De l'épidémiologie à la géographie humaine. Editions du CNRS/CEGET, travaux et documents de géographie tropicale 48, pp. 309-313.
- Guengant J.-P., (2011). Comment bénéficier du dividende démographique ? La démographie au centre des trajectoires de développement dans les pays de l'UEMOA : analyse pays, Burkina Faso. Paris : Agence Française de Développement, conférence *Population, développement et planification familiale en Afrique de l'Ouest francophone : l'urgence d'agir*. Conférence de Ouagadougou, 8-11 février

2011. Consulté le 01/02/2012, www.afd.fr/jahia/Jahia/home/publications/Publicationsthematiques-geographiques/conference-ouagadougou).
- Handschemacher P. et Hervouët J.-P., (2004). Des systèmes pathogènes à la santé publique : une nouvelle dimension pour la géographie de la santé tropicale, *Autrepart*, 29 p.
- Hervouët J.-P. et Lavessière C., (1987). Facteurs humains de la transmission de la maladie du sommeil. *Medicina tropicale nella cooperazione allo sviluppo*, pp. 72-78.
- Hervouët J.-P., Laffly D., Cardon L., (2000). La maladie du sommeil en Côte d'Ivoire : à la recherche d'indicateurs de risque. *Espace, Populations, Sociétés*, 2, pp. 209-225.
- Kiendrebeogo D., Kambiré R., Jamonneau V., Lingué K., Solano P., Courtin F., (2012). Histoire d'un itinéraire épidémiologique entre le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire : le cas des foyers de maladie du sommeil de Koudougou, *Parasite*, 19, pp. 397-406.
- Laveissière C., (1976). Répartition des glossines en Haute-Volta : effets de la grande sécheresse de 1972-1973. *Cahiers ORSTOM, sér. Ent. Méd. Parasitol*, XIV, pp. 293-299.
- Laveissière C. & Hervouët J.-P., (1988). Epidémiologie et contrôle de la trypanosomiose humaine en Afrique de l'Ouest, ORSTOM, Travaux et documents microédités, 164 p.
- Marchal J.-Y. et Quesnel A., (1996). Dynamique de peuplement des zones libérées de l'onchocercose : pour une mise en valeur durable, CICRED, FAO, 66 p.
- Mouchet J. et Carnevale P., (1996). Impact des transformations de l'environnement sur les maladies à transmission vectorielle. *Cahiers Santé* 7, pp. 263-269.
- Murray M., Murray P.-K., McIntyre W.I.M., (1977). An improved parasitological technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 71, pp. 325-326.
- Rayaissé J.-B., Courtin F., Akoundjin M., César J., Solano P., (2009). Influence de l'anthropisation sur la végétation locale et l'abondance des tsé-tsé au sud du Burkina Faso, *Parasite*, n° 16, 2009, pp. 21-28.
- Rémy G., (1981). *Les Mossi à la rencontre de la grande brousse (région de Dédougou, Haute-Volta)*. In : Les phénomènes de frontière dans les pays tropicaux, travaux et mémoires de l'IHEAL, Paris, pp. 117-131.
- Sangli G., (2012). Dynamiques de peuplement dans le sud-ouest du Burkina Faso, approche diachronique par les recensements de population 1975-2006, CD-ROM.
- United Nations, 2010. *World Population Prospects : The 2010 Revision*, Population database, United Nations Population Division, New York (<http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>).

RÉSUMÉS

L'augmentation générale des densités de population, dans un contexte de forte variabilité climatique, a provoqué des changements environnementaux majeurs en Afrique de l'Ouest. Si la population a tendance à s'urbaniser, elle reste toujours majoritairement rurale. C'est particulièrement vrai au Burkina-Faso où les modes de vie, les activités de subsistance et les conditions d'accès à l'eau exposent souvent les populations rurales et urbaines aux piqures d'insectes susceptibles de transmettre des pathogènes responsables de maladies graves et/ou mortelles (paludisme, trypanosomiose, dengue, onchocercose etc.). Nos travaux s'intéressent aux fortes dynamiques de peuplements et de paysages survenues sur les rives du fleuve Comoé

(terroirs de Folonzo et de Logogniégué) dans le Sud-ouest du Burkina-Faso entre 2005 et 2014, et au risque encouru par les populations humaines et animales à l'origine de ces dynamiques, de contracter les trypanosomoses transmises par les glossines (ou mouche tsé-tsé). Nos résultats mettent en évidence une multiplication par deux des densités de population humaine, la mise en place d'un élevage sédentaire et une augmentation de l'emprise rurale entre 2005 et 2014, ainsi qu'un rapprochement significatif des populations aux berges de la Comoé infestées de glossines. Ils montrent aussi l'intensification de pratiques spatiales humaines associables au risque trypanosomien, et confirment l'existence de la Trypanosomose Animale Africaine dans le cheptel bovin sédentaire récemment installé dans la zone. Cette étude illustre l'impact que des modifications environnementales engendrées par une dynamique de peuplement peuvent avoir sur les conditions de transmission des trypanosomoses humaines et animales.

The general increase of population densities in Subsaharian Africa, in an effective climate change context, caused major population movement and environmental changes. While urbanization is expanding, the population is still mostly rural. Ways of life, subsistence farming and limited access to water sources expose these rural and urban populations to insect bites that could pass on the pathogen responsible for serious or deadly pathological conditions (malaria, trypanosomiasis, dengue fever, onchocerciasis, etc.). In the research conducted in South-West of Burkina Faso, our interest focused on current patterns of settlements and landscapes along river Comoé's banks and on the exposure risks taken to human and animal trypanosomosis, both transmitted by tsetse flies which live in forest gallery of rivers. To achieve this, human and animal (bovine) populations were counted and mapped, and the rural encroachment on the Comoé's banks mapped, to make a diachronic comparison between 2005 and 2014. The aim was also to understand the behaviors of people and animals associated with trypanosomosis risks. Simultaneously, tsetse flies were captured to ascertain their density in the studied area. Previously inventoried, bovine blood samples were analyzed in order to determine trypanosomosis infection level. From 2005 to 2014, our results have shown a high rise of the human population located in the area studied (multiplied by two), but also a change in its gender and ethnic structure. Furthermore we noticed a rise of the farmland surface, detrimental to the wooded savannah and gallery forest, and a decrease of tsetse flies densities due to this landscape degradation. Moreover, we observed the beginning of a bovine breeding and a reconciliation of people to the banks of Comoé, still infested by tsetse flies. Our results shown that 10% of the bovines sampled were infected by trypanosomes. This study shows settlements dynamics, mainly due to population growth, and their environmental impact on a savannah ecosystem in Burkina Faso. It aims to describe the consequences of such phenomenon on population health, with the specific example of human and animal trypanosomoses, both transmitted by tsetse flies.

INDEX

Keywords : population dynamics, rural encroachment, breeding, risks, trypanosomosis, tsetse flies

Mots-clés : dynamiques de peuplement, emprise rurale, élevage, risques, trypanosomoses, glossines

AUTEURS

PIERRE FAURET

UMR 5115 LAM, Université Bordeaux Montaigne, France ; IRD, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

CHARLES DAYO

Centre International de Recherche-Développement pour l'Elevage en zone Subhumide (CIRDES),
Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

JEAN-BAPTISTE RAYAISSE

Centre International de Recherche-Développement pour l'Elevage en zone Subhumide (CIRDES),
Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

SIÉ HERMAN POODA

Pan African Tsetse and Trypanosomiasis Eradication Campaign (PATTEC), Bobo-Dioulasso,
Burkina Faso

FABIEN DOFINI

IRD, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

PHILIPPE SALANO

IRD, Montpellier, France

BERNARD CALAS

UMR 5115 LAM, Université Bordeaux Montaigne, France

FABRICE COURTIN

Centre International de Recherche-Développement pour l'Elevage en zone Subhumide (CIRDES),
Bobo-Dioulasso ; Pan African Tsetse and Trypanosomiasis Eradication Campaign (PATTEC), Bobo-
Dioulasso, Burkina Faso

Qualités de l'eau et santé en contexte urbain sahélien et semi-aride

Approche géographique à Nouakchott (Mauritanie)

Water quality and health in sahelian semi-arid urban context : geographical approach in Nouakchott (Mauritania)

Ibrahima Sy, Doulo Traoré, Brama Koné, Aminata Niang Diène, Baidy Lô, Ousmane Faye, Jürg Utzinger, Guéladio Cissé et Marcel Tanner

Introduction

Eau, ville et santé, une relation complexe

- 1 L'accès à l'eau potable est un besoin fondamental pour une bonne santé. Cependant, l'eau contaminée peut être un vecteur important de maladies hydriques considérées comme menaces pour la santé humaine (Cairncross *et al.*, 2010). Dès lors, la garantie d'une eau de consommation saine est un enjeu de santé public majeur surtout dans les villes où la gestion de l'assainissement et de l'hygiène publique est souvent défectueuse (Tessier, 1991 ; Prüss-Üstün *et al.*, 2008). Un approvisionnement correct en eau courante de bonne qualité permet de diminuer les risques de contamination (péril fécal) et de protéger efficacement la santé humaine (Dos Santos et Legrand, 2007).
- 2 Le rôle indiscutable de l'eau potable sur la santé humaine a d'ailleurs poussé les Nations Unies à s'engager à réduire de moitié le nombre de personnes n'ayant pas accès à l'eau potable pour 2015 (Objectifs du Millénaire pour le Développement). Malgré cette volonté affichée, seuls 68 % au lieu de 74 % (cible) de la population en Afrique Sub-Saharienne a accès à l'eau potable (JMP, 2015). Même si souvent les besoins en eau potable arrivent parfois à être satisfaits, les risques de contamination demeurent très élevés dans les villes du fait de la pollution et des problèmes d'assainissement du milieu (WHO-UN-Habitat, 2010).

- 3 Dans les espaces urbains africains, l'accès à une eau de qualité en quantité suffisante devient de plus en plus difficile avec la croissance urbaine et une bonne partie de la population recourt souvent à des sources d'eau non sûres et contaminées avec de graves risques pour la santé humaine (diarrhées, choléra, typhoïde, parasitoses, bilharzioses, etc.). Les maladies liées à l'eau contaminée représentent un fardeau lourd qui touche environ 2,3 milliards de personnes et est responsable de 60 % de la mortalité infantile dans le monde (Briscoe *et al.*, 1989 ; Tumwine *et al.*, 2002 ; OMS, 2014). Parmi ces pathologies, la diarrhée occupe un rang élevé avec environ 4 milliards d'épisodes morbides et 1,8 millions de décès par an dont 90 % chez les enfants de moins de 5 ans, principalement dans les pays en développement (Umesh *et al.*, 2003 ; Fewtrell *et al.*, 2005 ; OMS, 2015). Une part importante de cette morbidité affecte en général les villes du fait des effets de densités humaines (JMP, 2015).
- 4 La dynamique spatio-temporelle des maladies d'origine hydrique obéit très souvent à une géographie de l'eau distribuée dans une ville (Vaguet, 1986 ; Sy, 2006). Dès lors, il est intéressant d'analyser la répartition de ce type de pathologie au sein de la ville en la mettant en relation avec les inégalités socio-spatiales d'accès à l'eau potable ainsi que l'impact des différentes pratiques sur les risques de contamination de la ressource.

L'eau dans le contexte urbain de Nouakchott : un enjeu vital

- 5 Située sur la façade maritime du désert mauritanien, Nouakchott illustre bien ce problème de l'eau potable dans les villes de contexte semi-aride et sahélien. Soumise à une forte croissance urbaine dans un contexte de difficile planification des réseaux d'adduction, cette ville fait face à une pénurie chronique d'eau potable qui affecte plus les quartiers périphériques, irréguliers et précaires. Selon l'Enquête Nationale à Indicateurs Multiples (ONS, 2011), 47 % des ménages disposent d'une source d'approvisionnement améliorée (robinet et borne fontaine) en eau de boisson tandis que la grande majorité des habitants recourt à des systèmes précaires (camions citernes, charretiers revendeurs, puits, etc.). Ce taux d'accès à des sources améliorées est l'un des plus faibles des grandes agglomérations du pays (moyenne urbaine de 59,4 %) malgré une production journalière estimée à près de 60 000 m³ (Ould Samba et Perrin, 2008). De plus, il apparaît de très grandes inégalités spatiales et sociales dans la distribution de cette quantité d'eau disponible entre les différentes entités géographiques de la ville. Dans l'ensemble, seuls 28,7 % des ménages pauvres ont accès à une source d'eau améliorée (MICS, ONS, 2014).
- 6 La multiplication des modes d'approvisionnement précaires et les problèmes d'assainissement dans les aires de distribution accroissent les risques de contamination de l'eau potable. En effet, une grande quantité de l'eau distribuée provient de nombreux points d'eau (potences, bassins, bornes fontaines, puits, etc.) exposés à la contamination à cause de l'inexistence de systèmes d'assainissement et de la présence de latrines à fond perdu à proximité des sources (Château *et al.*, 2007). D'ailleurs, une étude microbiologique réalisée par le Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement (MHA) avec l'appui de l'UNICEF montre que 26 % des points d'eau, 32 % de l'eau transportée et 70 % de l'eau stockée dans les ménages sont contaminés faisant courir de graves risques de santé publique (UNICEF-MHA, 2011).
- 7 Une telle situation a été sans doute à l'origine de la recrudescence du choléra ces dernières années avec 3406 cas recensés en 2005 et des maladies diarrhéiques en

progression nette à Nouakchott. Selon l'Enquête MICS en 2011 (ONS, 2014), la prévalence se situait aux alentours de 18,3 % en 2011 chez les enfants de moins de 5 ans à Nouakchott alors que la moyenne nationale urbaine est de 17,7 %. De manière plus générale, la situation de l'accès à l'eau dans nombre de centres urbains explique sans doute que la Mauritanie figure parmi la catégorie de pays où la morbidité diarrhéique est un phénomène beaucoup plus urbain que rural (Ngwe et Banza-Nsungu, 2007).

- 8 Dans la ville de Nouakchott, la quantité mais aussi la qualité de l'eau se trouve être, de manière directe ou indirecte, la première cause de transmission de la diarrhée qui se manifeste par ailleurs par d'importantes inégalités socio-spatiales (Gagneux *et al.*, 1999 ; Sy *et al.*, 2011). Ainsi, cette présente contribution cherche à analyser les liens entre les disparités socio-spatiales dans la qualité de l'eau distribuée et les inégalités de la morbidité diarrhéique observées en milieu urbain à Nouakchott.

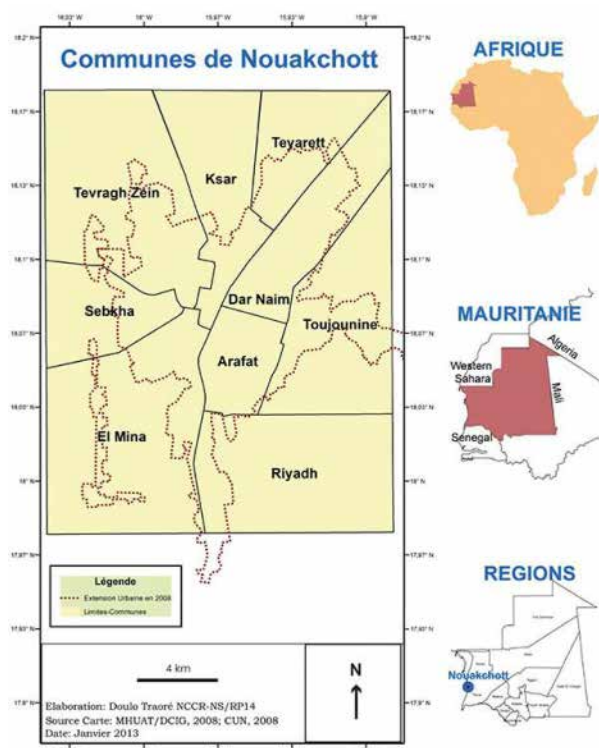
Méthodologie

- 9 Les données quantitatives et qualitatives utilisées dans cet article proviennent de sources diverses (enquêtes, études et rapports) focalisées sur un ensemble d'indicateurs désagrégées à l'échelle de la commune et collectées dans le cadre d'un projet de recherche soutenu par la Coopération Suisse dont l'objectif est la production d'un atlas socio-sanitaire de Nouakchott. Les informations, à caractère socio-environnemental, microbiologique et épidémiologique, mobilisées ont fait l'objet d'une analyse statistique et d'une représentation cartographique.

Présentation de la zone d'étude

- 10 La zone d'étude couvre le district de Nouakchott (Wilaya) capitale de la Mauritanie. Elle abrite une population de 723 265 habitants en 2009 (ONS, 2009) inégalement répartis entre les 9 Moughataas (Départements) qui correspondent aux communes d'arrondissement regroupées au sein de la Communauté Urbaine de Nouakchott (CUN). L'approche développée dans le cadre de cette présente réflexion prend en considération l'ensemble des 9 communes que compte la ville avec leurs limites administratives précises (**figure 1**).

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude



Données mobilisées

Données socio-environnementales

- 11 Les informations socio-environnementales concernent principalement les indicateurs sur les divers modes de recours pour l'approvisionnement en eau potable qui proviennent de l'Enquête Permanente sur les Conditions de Vie des ménages en Mauritanie (EPCV) réalisée par l'ONS en 2008-2009. C'est une opération nationale de collecte de données à l'échelle départementale effectuée sur l'ensemble du territoire nationale en deux passages. Cette collecte réalisée sur une taille d'échantillon de 13 705 ménages devait fournir une gamme de données et d'indicateurs pertinents et actualisés permettant de mesurer l'accès, l'utilisation et la satisfaction des populations par rapport aux principaux services sociaux de base. Les informations sur l'accès à l'eau potable utilisées dans ce papier présentées à l'échelle de la commune proviennent de cette enquête dont près de la moitié des ménages réside à Nouakchott.
- 12 Ces données quantitatives ont été complétées par des informations qualitatives issues des études de la Communauté Urbaine de Nouakchott (CUN) sur la distribution de l'eau mais également des fonds cartographiques numériques obtenus auprès de la Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Action Régionale (DATAR) de la Mauritanie.

Données microbiologiques

- 13 Elles portent essentiellement sur les analyses bactériologiques menées à Nouakchott en 2009 pour évaluer l'impact de la qualité de l'eau sur la santé de la population. Réalisée par l'Institut National de Recherche en Santé Publique (INRSP) de Mauritanie pour le compte de la Communauté Urbaine de Nouakchott (CUN), l'étude microbiologique

devait permettre de connaître le degré de contamination bactérienne, chimique et parasitaire afin de déterminer les niveaux d'exposition de la population.

- 14 L'étude s'est déroulée de juin à août 2009 dans les 9 communes de la ville : des échantillons d'eau ont été prélevés sur le réseau de distribution (châteaux d'eau, robinets à domicile) de la Société Nationale de Distribution d'Eau (SNDE) et sur 150 points d'eau (potences, bassins d'eau et bornes fontaines) pour une analyse physico-chimique et bactériologique. Une évaluation de la situation de l'hygiène environnementale a été réalisée ainsi que les coordonnées géographiques ont été relevées pour tous les points d'eau prélevés.
- 15 Les analyses bactériologiques effectuées ont été orientées sur la recherche de coliformes afin de fournir des indicateurs sur la qualité de l'eau distribuée à Nouakchott avec une désagrégation des informations à l'échelle de la commune. La présence de coliformes surtout fécaux dans l'eau potable a été considérée comme un indicateur de risque sanitaire valide.

Données épidémiologiques

- 16 Les données épidémiologiques sont constituées principalement des informations sur les maladies diarrhéiques issues du système d'information sanitaire de la Délégation Régionale à l'Action Sanitaire (DRAS) de Nouakchott. Il s'agit de relevés épidémiologiques pour toute l'année 2009 obtenus grâce à une compilation des informations sanitaires provenant des rapports des registres de consultation collectés auprès des centres et postes de santé de Nouakchott. Ces données sont disponibles au niveau des 9 districts sanitaires de la ville qui recense le nombre de cas survenus sous forme de rapports de synthèse des différents centres et postes de santé.
- 17 Le recensement du nombre de cas de diarrhées par commune permet de calculer le niveau de prévalence de morbidité diagnostiquée ramenée à la population consultante pour l'année 2009 et de réaliser des analyses approfondies, même si la morbidité diagnostiquée n'est que le reflet d'une partie de la situation sanitaire réellement vécue par la population urbaine et diagnostiquée comme telle par le système de soins.

Modes d'approvisionnement en eau potable à Nouakchott et pratiques liées à l'eau et risques de contamination

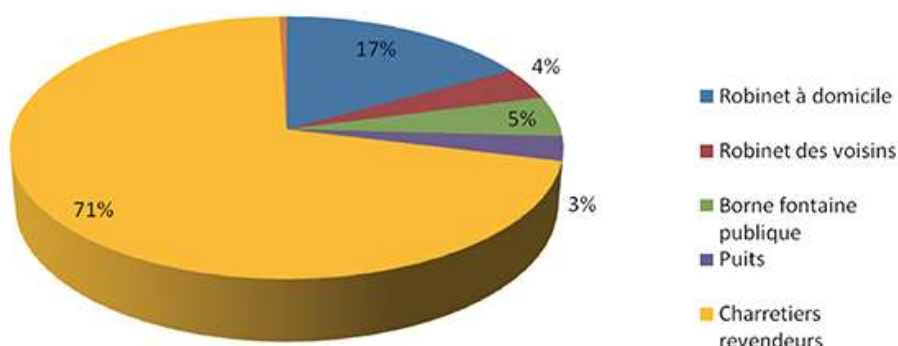


Analyse des données

- 18 Les données collectées ont été présentées à l'échelle de la commune grâce à un tableur Excel selon des questions d'analyse bien précises pour montrer les liaisons entre les différentes variables étudiées.
- 19 Il a ensuite été effectué une analyse statistique descriptive simple pour les différentes fréquences qui ont donné lieu à des graphiques et tableaux sur les modes d'approvisionnement, la qualité de l'eau et la prévalence de la diarrhée. Un croisement de variables entre données épidémiologiques et variables socio-environnementales et microbiologiques a été appliqué sous forme de régression linéaire afin de voir les liens entre modes d'approvisionnement, qualité de l'eau et morbidité diarrhéique.
- 20 Avec la disponibilité d'un fond de carte de 2008 à l'échelle de la commune, les données statistiques collectées ont fait l'objet d'une représentation cartographique à l'aide du logiciel Arc GIS 9.3 qui a permis de spatialiser les indicateurs socio-environnementaux (modes d'approvisionnement), microbiologiques (qualité de l'eau) et épidémiologiques (morbidity diarrhéique).
- 21 Toutefois, la démarche méthodologique utilisée dans le cadre de cette étude peut présenter quelques limites relatives aux facteurs de risque pour la diarrhée qui ne peuvent pas seulement se résumer à l'accès à l'eau ou la qualité de l'eau. Il y a également l'utilisation de la morbidité diagnostiquée souvent sujette à de nombreuses interrogations.

Figure 2 : Principaux modes d'approvisionnement en eau potable des ménages à Nouakchott

Figure 2: Principaux modes d'approvisionnement en eau potable des ménages à

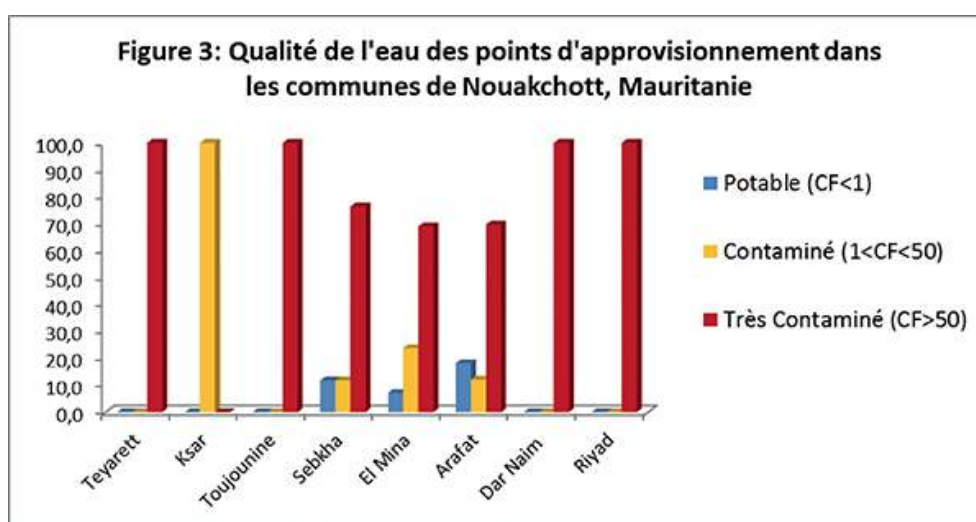


Résultats

Liens entre distribution des facteurs de risque et morbidité diarrhéique

- 22 La connaissance de l'état de santé d'une population dépend de la mise en évidence des liens entre le niveau de la morbidité ou de la mortalité avec les facteurs de risque mis en cause. Dans cette perspective, la confrontation des données socio-environnementales, microbiologiques et épidémiologiques a montré des liens très étroits entre sources d'approvisionnement, contamination de l'eau et morbidité diarrhéique au sein de l'espace urbain à Nouakchott.
- 23 Les résultats de l'enquête permanente sur les conditions de vie (EPCV) de 2009 montre que seuls 25,6 % des ménages possèdent des sources d'approvisionnement améliorées (robinet intérieur, robinet voisin, borne fontaine) tandis que la grande majorité (74,4 %) des habitants ne dispose que de sources précaires (revendeurs, charretiers ou citerniers, puits sans pompe).
- 24 Cependant, les analyses microbiologiques de l'eau distribuée montrent une contamination d'origine fécale avec la présence de coliformes à une proportion qui dépasse la concentration maximale acceptable inférieure à 1 coliforme par 100 ml pour la consommation humaine sans risque sanitaire. Une contamination a été notée au niveau de 3 endroits (2 robinets à domicile et un château d'eau) sur les 9 prélevés sur le réseau de distribution de la SNDE avec une concentration allant de 3 à 27 coliformes par 100 ml selon les lieux. Concernant les points de collecte d'eau (potences, bassins et bornes fontaines), les analyses montrent que 93 % des 150 points d'eau sont contaminés par les bactéries avec une concentration de coliformes comprise en moyenne entre 10 et 80 coliformes par 100 ml (**figure 3**).

Figure 3 : Qualité de l'eau des points d'approvisionnement dans les communes de Nouakchott



- 25 La comparaison entre divers modes d'approvisionnement montre que la contamination est très fortement élevée au niveau des sources non améliorées alors que la majeure partie de l'eau provenant de robinets ou bornes fontaines (sources améliorées) est plus potable. Dès lors, la nature de la source détermine largement le risque et le niveau de la contamination de l'eau distribuée.
- 26 Ainsi, l'ampleur de la contamination pourrait traduire l'importance des problèmes de santé surtout les maladies diarrhéiques au niveau de la population s'approvisionnant principalement à partir des points d'eau qui alimentent les revendeurs charretiers et certains habitants. En effet, les données du suivi épidémiologique montrent la place des maladies diarrhéiques dans la morbidité générale diagnostiquée à Nouakchott où elles représentent la deuxième cause de consultation après les infections respiratoires aiguës. Dans l'ensemble, la prévalence de la diarrhée se situe à une moyenne de 12,8 % avec des disparités entre communes qui montrent une morbidité élevée à Sebkha (19,1 %), et faible à Teyragh-Zeina (9,1 %).
- 27 Une telle distribution inégale de la morbidité diarrhéique semble obéir aux relations entre modes d'approvisionnement et qualité de l'eau distribuée. En effet, les prévalences plus élevées sont enregistrées dans les espaces qui concentrent le plus de sources d'approvisionnement non améliorées en eau provenant de surcroît majoritairement de points d'eau contaminés (**figure 4**). Les liens étroits entre source d'approvisionnement et qualité de l'eau expliquent alors les inégalités de risque diarrhéique entre les différentes communes (**tableau 1**).

Figure 4 : Qualité de l'eau selon la source d'approvisionnement des ménages à Nouakchott, Mauritanie

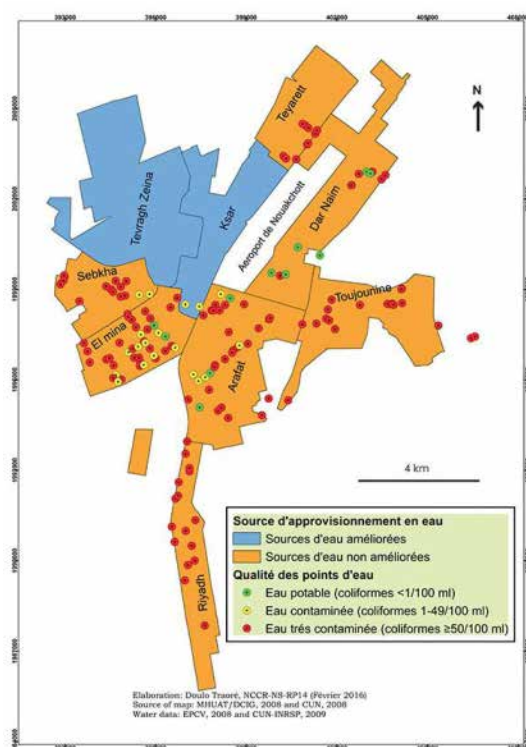


Tableau 1 : Matrice de corrélation (Pearson (n)) entre les variables analysées (nature de la source d'eau, qualité de l'eau et morbidité diarrhéique)

Variables	Source d'eau améliorée	Eau potable	Source d'eau non améliorée	Eau contaminée	Morbidité diarrhéique
Source d'eau améliorée	1.000				
Eau potable	0.788	1.000			
Source d'eau non améliorée	-1.000	-0.789	1.000		
Eau contaminée	-0.788	-1.000	0.789	1.000	
Morbidité diarrhéique	-0.187	-0.450	0.188	0.450	1.000

- 28 L'application d'une régression linéaire semble confirmer cette tendance forte même si un faisceau de facteurs peut être impliqué dans la transmission de la diarrhée (**figure 6**). Celle-ci montre que le niveau de la morbidité diarrhéique évolue selon la nature de la source d'eau et la qualité de l'eau disponible ($R = 0.450$). Concrètement, l'utilisation d'une source d'eau non améliorée et d'une eau de boisson contaminée augmente le risque de transmission de la diarrhée tandis que la présence d'eau de bonne qualité réduit le risque d'exposition à cette maladie ($R = -0.450$). De même, les analyses statistiques établissent une association tangible d'une source d'eau non améliorée avec de l'eau contaminée et une source d'eau améliorée avec de l'eau potable ($R = 0.788$). Les observations illustrent bien que la source d'eau, la qualité de l'eau et la maladie entretiennent une relation étroite qui peut être difficile à décrypter du fait de réalités urbaines souvent très complexes.

Figure 5 : Prévalences apparentes de morbidité diarrhéique dans les communes à Nouakchott, Mauritanie

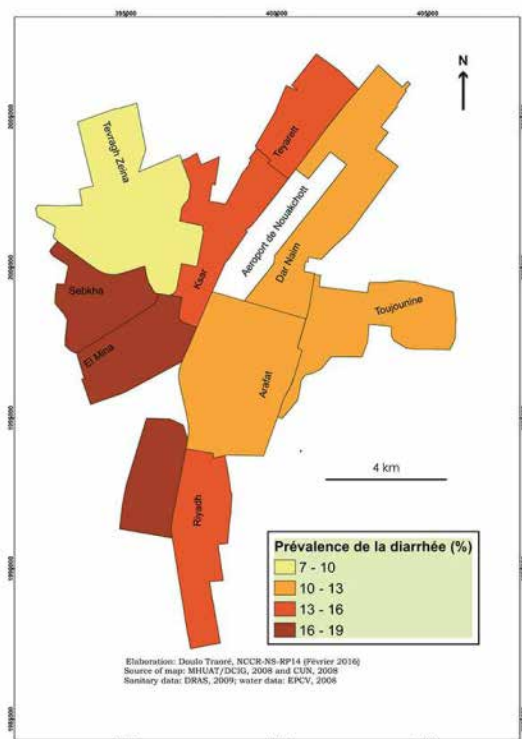
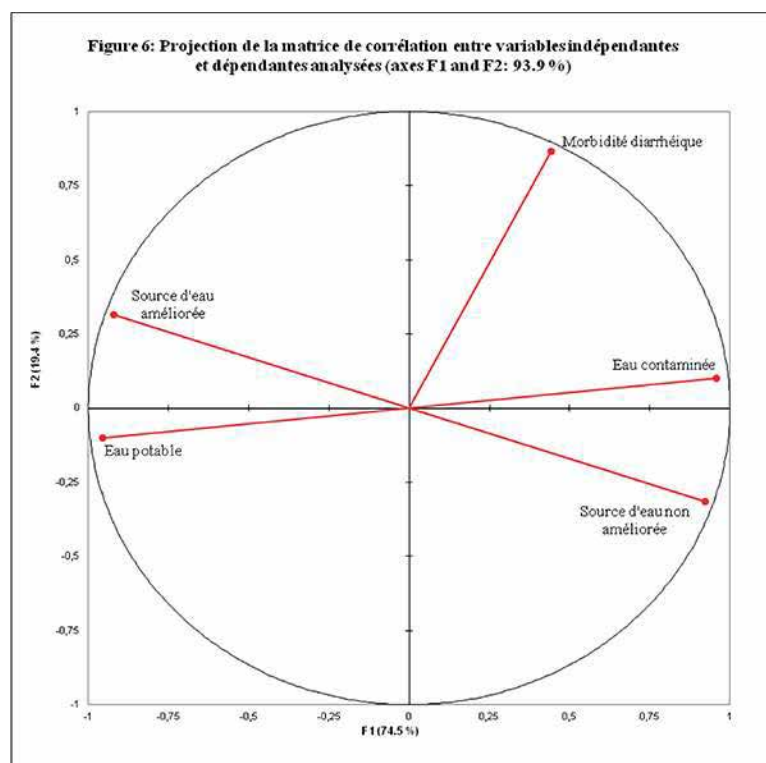


Figure 6 : Projection de la matrice de corrélation entre variables indépendantes et dépendantes analysées (axes F1 et F2 : 93,9 %)



Variabilité socio-spatiale de l'exposition aux risques sanitaires

- 29 L'analyse des données socio-environnementales montre que les ménages possédant les sources d'approvisionnement améliorées (robinet intérieur, robinet voisin, borne fontaine) en eau potable habitent majoritairement dans les communes de Tevragh-Zeina (73,4 %) avec 46 336 habitants et de Ksar (49,4 %) avec 47 233 habitants tandis que les taux les plus faibles se concentrent à Toujounine (4,9 %) avec 144 041 habitants et à Teyarett (9,5 %) avec 78 828 habitants. De ce fait, les sources d'approvisionnement non améliorées (revendeurs charretiers ou citerniers, puits sans pompe) se concentrent dans communes les plus peuplées et pauvres (37 % de ménages pauvres) comme à Dar-Naim (144 043 habitants) avec 87 %, Arafat (175 969 habitants) avec 84,9 % et à Riyadh (117 030 habitants) avec 87,5 %. La distribution géographique des modes d'approvisionnement apparaît comme un bon indicateur spatial de la répartition inégale de la qualité de l'eau. En effet, même si la contamination de l'eau affecte plus certains territoires urbains que d'autres, les taux très élevés mis en évidence montrent que la qualité de l'eau des points d'eau analysés est mauvaise dans toutes les communes de la ville à l'exception de Tevragh-Zeina. Dans les communes de Sebkha, Ksar, Toujounine, Riyadh, Teyarett, la totalité ou la quasi-totalité des points d'eau analysés est contaminée par des coliformes fécaux. Seul un nombre très limité de points d'eau (11/150) situé dans les communes d'Arafat, d'El Mina et de Dar Naïm est considéré comme potable.
- 30 De plus, la quantité d'eau disponible pour toute la ville n'est pas équitablement répartie dans l'espace urbain avec des habitants de certaines communes mieux desservis que d'autres. Une étude réalisée par la CUN en 2008 montrent des disparités entre usagers avec 35 % de la population (Tevragh-Zeina, Ksar, une petite partie de Sebkha et d'El Mina) qui consomment environ 78 % (soit 30 316 m³) du volume distribué avec 100 litres par personne/jour tandis que les deux autres tiers des habitants surtout des communes de Toujounine, Teyarett, Dar-Naïm, Arafat et Riyadh se partagent 8 381 m³ avec 15 litres d'eau par personne/jour. Si les volumes d'eau disponibles étaient équitablement répartis entre les habitants de la ville, chacun disposerait d'un ratio de 45,5 litres par jour. Les inégalités d'accès à l'eau, que ce soit les modes d'approvisionnement ou les quantités distribuées, génèrent des variations de prix de 200 UM/m³ au robinet, de 300 à 1 000 UM/m³ avec les camions citernes et parfois plus encore avec la distance, de 500 à 1000 UM/m³ à la borne fontaine et de 1000 à 2000 UM/m³ auprès du charretier. Les populations souvent à niveau socio-économique plus faible surtout à Arafat, Dar-Naim, Riyadh, Teyarett, El Mina, Sebkha et Toujounine paient l'eau en moyenne 10 fois plus cher (1000 UM le m³ soit environ 3 euros) que les populations raccordées (100 UM/m³, 0,3 euros) de Tevragh-Zeina ou de Ksar. Ces ménages avec une faible quantité d'eau demeurent majoritairement les usagers des sources d'approvisionnement non améliorées avec une exposition plus accrue à la contamination et aux risques sanitaires.
- 31 Ainsi, la mise en évidence du caractère hétérogène de la ville constituée de territoires bien desservis et de territoires faiblement desservis donne une image géographique des maladies diarrhéiques caractérisée par une distribution spatiale inégale de la morbidité entre les communes. Toutefois, la prévalence de la diarrhée connaît une grande variabilité selon les communes et les catégories sociales. La morbidité est supérieure à la moyenne urbaine voire très élevée dans les communes de Sebkha (19,1 %), d'El Mina

(16,6 %), de Riyadh (14,3 %), de Ksar (13,5 %), Teyarett (13,8 %) et de Dar Naim (12,4 %) tandis qu'elle demeure plus faible à Teyragh-Zeina (9,1 %), à Arafat (10,2 %). A l'exception des communes d'Arafat et de Teyarett, le niveau de la morbidité évolue en fonction de la source et de la qualité de l'eau.

- 32 Aussi, selon les caractéristiques socio-démographiques, la diarrhée affecte différemment les personnes selon l'âge avec les enfants de 0 à 4 ans qui enregistrent 51,6 % des cas suivis des adultes (32,4 %) et de la catégorie de 5 à 14 ans (14,1 %) avec une forte hétérogénéité dans la distribution spatiale selon la commune et la catégorie d'âge même si la prévalence globale peut être à un niveau faible dans certains paysages urbains. Ainsi, la prévalence chez les enfants de 0 à 4 ans est plus importante dans les communes d'Arafat (61,2 %), d'El Mina et Teyarett (58 %), de Dar Naim (57,8 %) et de Teyragh-Zeina (51,5 %). La morbidité au sein de la catégorie d'âge de 5 à 14 ans est par contre plus élevée à Riyadh (17,5 %), à Ksar (16,8 %) et à Toujounine (16,5 %). Chez les adultes, à l'exception de Teyarett (21,3 %), d'El Mina (26,4 %) et d'Arafat (26,6 %), la morbidité semble partout importante dans toutes les autres communes. Ces résultats montrent que l'essentiel de la morbidité diarrhéique diagnostiquée se concentre sur les enfants de moins de 5 ans et aussi au niveau de la population adulte.

Modes d'approvisionnement en eau potable à Nouakchott

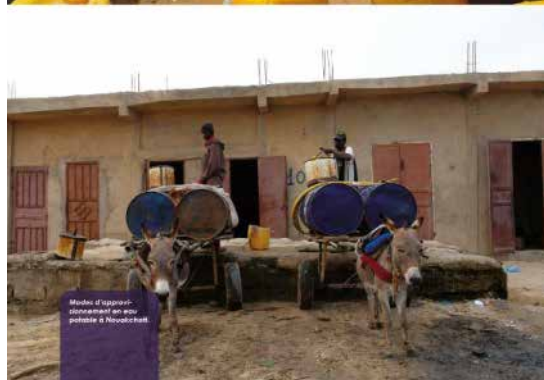
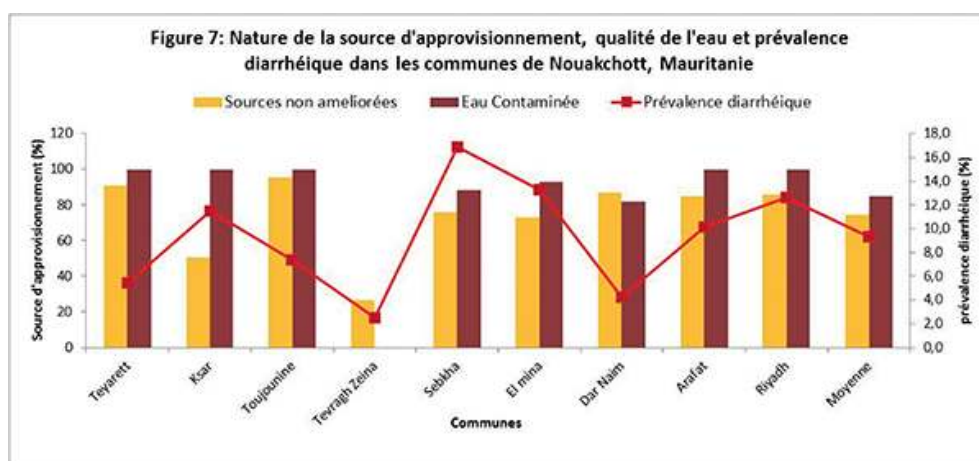


Tableau 2 : Distribution de la prévalence de la diarrhée selon l'âge dans les communes de Nouakchott, Mauritanie, 2009

Communes	Prévalence globale	Enfants moins de 5 ans	Enfants de 5-14 ans	Personnes âgées de plus de 14 ans
Teyarett	13.8	58.0	17.7	24.3
Ksar	13.5	47.1	18.9	33.9
Toujounine	10.3	49.1	16.7	34.3
Tevragh Zeina	9.1	51.5	10.8	37.7
Sebkha	19.1	35.3	19.5	45.2
El Mina	16.6	58.0	15.4	26.6
Arafat	10.2	61.2	12.4	26.4
Dar Naim	12.4	57.8	11.1	31.0
Riyadh	14.3	47.1	17.5	35.4
NUC	12.8	51.7	14.1	34.2

Figure 7 : Nature de la source d'approvisionnement, qualité de l'eau et prévalence diarrhéique dans les communes de Nouakchott



Discussion

- 33 En milieu urbain, l'eau potable est considérée comme une composante essentielle de l'hygiène individuelle et collective étroitement associée à la question de l'assainissement (Dorier-Apprill, 1993 ; Obrist *et al.*, 2006 ; Hunter *et al.*, 2010). De ce fait, son influence sur la santé est indéniable surtout dans les milieux où les taux de branchement sont faibles et où les quantités disponibles donnent lieu à des pratiques qui détériorent la qualité de l'eau par l'introduction de pathogènes (Willis *et al.*, 2011). L'articulation entre les données socio-environnementales, microbiologiques et épidémiologiques offre une lecture intelligible des liens forts entre sources d'approvisionnement, degré de contamination de l'eau et niveau de la morbidité diarrhéique se révélant sous une forte hétérogénéité spatiale et sociale.
- 34 L'approche globale de la problématique de l'eau dans toutes ses dimensions met en exergue trois niveaux d'inégalités entre les ménages raccordés au réseau d'adduction et ceux qui dépendent des filières « hors réseau » de distribution d'eau : inégalité de l'accès (quantité), inégalité du prix et inégalité de la qualité. Ces causes d'inégalités sont à l'origine d'une ségrégation socio-spatiale où une frange de la population disposant abondamment d'eau (plus de 100 litres/jour/pers) côtoie une autre en situation de stress hydrique (près de 15 litres/jour/pers) qui paie encore plus chère une eau souvent de mauvaise qualité. Une telle situation de conjoncture qui affecte particulièrement les populations à niveau socio-économique très bas des zones défavorisées conduit à des

comportements et pratiques susceptibles d'altérer la qualité de l'eau avec un risque accru de contamination (Bartram et Cairncross, 2010 ; Hunter *et al.*, 2010). Les résultats d'études précédentes à Nouakchott montrent que plus de 46 % des ménages pratiquent le stockage de l'eau de boisson pour une durée moyenne de 48 heures et près de 54 % la consomment sans traitement préalable (Sy *et al.* 2010a et 2011). Ainsi, les manipulations de l'eau à domicile (stockage dans des bassines, fûts ou bidons) ou lors de son transport détériorent sa qualité et aggravent les risques de contamination. Toutefois, les risques liés à la consommation de l'eau distribuée dans la ville sont amoindris avec la politique d'accès aux eaux de sources ou mises en bouteilles vendues à un prix abordable et accessible même aux couches défavorisées.

- 35 A Nouakchott, cette situation est d'autant plus grave et préoccupante que les résultats des analyses bactériologiques révèlent la présence de coliformes fécaux (*Salmonelles*, *Escherichia coli*) qui dépasse la concentration maximale acceptable dans une partie de l'eau distribuée à certains endroits du réseau et points d'eau de la ville (CUN-INRSP, 2009). La présence de coliformes totaux ou fécaux dans une eau destinée à la consommation témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale découlant soit d'infiltrations d'eau polluée dans les canalisations, soit de manipulations sans précaution d'hygiène de l'eau (Mokolo *et al.*, 1991 ; Howard et Bartram, 2005 ; Howard *et al.*, 2006). Si l'eau distribuée à travers le réseau de la SNDE est à l'origine de bonne qualité, la contamination intervient après les grandes canalisations, au cours du transport, de la manipulation aux points d'eau et du stockage à cause des conditions d'hygiène très précaires (Clasen et Haller, 2008 ; Hunter *et al.*, 2010).
- 36 La contamination des points d'eau (bassins, bornes fontaines) pourrait être liée à l'absence de normes au niveau des installations sanitaires dans les domiciles (mauvaises dispositions des latrines et absence d'assainissement). Une distance réglementaire de 12 mètres entre une fosse septique et un point d'eau doit impérativement être respectée selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Or, les résultats d'une enquête (CUN, 2008) montrent qu'entre 200 et 250 points d'eau sur 450 recensés se trouvent à une distance de moins de 12 mètres d'une fosse septique. Le risque de communication devient alors important entre points d'eau et fosses de latrines. Ce phénomène a certainement favorisé le développement de l'épidémie de choléra de 2005 suite à de fortes pluies ayant causé l'infiltration d'eaux usées des fosses septiques dans de nombreux points d'eau. Ce constat a également été fait dans les banlieues de certaines villes africaines où les lieux d'aisances sont constitués de latrines défectueuses dont les normes de constructions n'ont pas été contrôlées pour la plupart et qui rejettent leurs eaux usées directement dans la nappe phréatique utilisée comme source d'eau de boisson. (Dieng *et al.*, 1999 ; Carr et Neary, 2008 ; Nguendo-Yongsi, 2011).
- 37 Ainsi, le développement des maladies diarrhéiques apparaît comme le produit de la relation complexe entre sources d'approvisionnement, chaîne de manipulation et qualité de l'eau. De ce fait, quatre scénarios de risques sanitaires correspondant à des systèmes socio-écologiques différents ont été identifiés à Nouakchott : des paysages à risque diarrhéique élevé avec présence importante de sources d'eau contaminée comme Sebkha, El Mina et Riyad ; des paysages à risque diarrhéique modéré avec une forte concentration d'eau de qualité mauvaise comme Teyarret, Ksar et Arafat ; des paysages à risque diarrhéique faible avec une forte présence de sources d'eau contaminée comme Toujounine et Dar-Naim ; des paysages à risque diarrhéique faible

avec abondance d'eau de bonne qualité. Le niveau de prévalence élevé dans certaines communes s'expliquerait alors par l'insuffisance voire l'absence d'une source d'eau de bonne qualité en quantité suffisante. Par contre, le niveau de la morbidité à Teyarett et Toujounine ne correspond pas à la situation préoccupante de l'eau caractérisée par un accès faible à des sources améliorées mais également une forte contamination. Cela pourrait être lié à un effet de biais statistique du fait d'un faible recours aux soins pour cause de diarrhée qui n'est pas forcément perçue comme une maladie grave. D'ailleurs, des études réalisées en 2004 et 2008 sur la diarrhée dans les quartiers urbains de Nouakchott montrent respectivement une prévalence de 17,2 % et de 18,2 % supérieurs à la morbidité diagnostiquée de 12,8 % (Sy *et al.*, 2010b et 2011).

- 38 Cela démontre qu'un bon accès à l'eau ne garantit cependant pas sa bonne qualité très soumise à une panoplie de pratiques favorables à l'introduction de pathogènes (Cairncross *et al.*, 2010 ; Bartram et Cairncross, 2010). L'eau collectée étant souvent perçue comme potable par les ménages ne fait pas souvent l'objet de traitement spécifique même après de longues périodes de stockage dans des conditions d'hygiène précaires (Dos Santos et Legrand, 2007). Les risques de contamination deviennent alors élevés et les consommateurs, surtout les enfants en bas âge, s'exposent à des maladies de type gastro-entérite (Nguendo-Yongsi *et al.*, 2008 ; Sy *et al.*, 2010b). Le recours au modèle de régression linéaire ou logistique a mis en évidence ce facteur de risque sanitaire lié à l'eau distribuée.
- 39 Si le manque d'eau potable dans les milieux urbains crée une écologie originale, le processus est spatialement, socialement, culturellement si inégal et différencié qu'il y a bien lieu de distinguer dans les villes des zones et des populations selon leur degré d'exposition particulière à un risque sanitaire dû à la contamination de l'eau distribuée (Salem, 1998 ; Dorier-Apprill, 1993). Dans les villes des pays en développement, le taux de mortalité et de morbidité infantiles attribuable aux maladies liées à la qualité de l'eau est très élevé (Bartram et Cairncross, 2010 ; Hunter *et al.*, 2010). Cela est d'autant plus vrai qu'une amélioration des conditions d'approvisionnement en eau influe significativement sur la réduction de la transmission des organismes pathogènes entériques causant les diarrhées surtout infantiles (Briscoe *et al.*, 1989 ; Howard et Bartram, 2005). Selon le rapport du *Joint Monitoring Programme* (JMP) de 2015, la Mauritanie a accompli des progrès notables dans la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) pour l'accès des ménages à des sources d'eau améliorées en passant de 29 % en 1990 à 58 % en 2015. Dès lors, l'amélioration de l'accès à une eau de qualité en quantité suffisante aura certainement un impact sur l'hygiène individuelle et collective ainsi que sur la réduction de la transmission des maladies diarrhéiques.

Conclusion

- 40 La desserte et ses répercussions sur les pratiques sociales, sont des indicateurs de la situation de l'accès à l'eau potable dans l'agglomération de Nouakchott. Un approvisionnement en eau de qualité est un facteur d'équilibre socio-économique et une des conditions essentielles d'une alimentation saine. Aussi, la sauvegarde de la potabilité de l'eau de boisson représente un défi majeur de santé publique. En effet, une action préventive peut avoir un impact beaucoup plus important et durable que la simple réponse à un problème lié à la qualité de l'eau consommée. L'assurance que les

risques de contamination sont maîtrisés à tous les niveaux de la chaîne d'approvisionnement est une garantie de pérennité de la qualité de l'eau de boisson. Cependant, la contamination d'une source d'approvisionnement n'est souvent détectée qu'après une situation de crise sanitaire ayant entraîné des maladies ou décès après consommation de l'eau non potable.

- 41 La prédominance de sources d'approvisionnement non améliorées en eau potable ainsi que les risques accrus de contamination offrent des conditions propices à la circulation de pathogènes dans les circuits de distribution de l'eau à Nouakchott. Les analyses révèlent une mauvaise qualité microbiologique qui expose les consommateurs à des risques sanitaires. Sur les quatre scénarios de risques sanitaires décrits, deux font un lien tangible entre la nature de la source d'eau, la chaîne de manipulation, la qualité de l'eau et le niveau de morbidité diarrhéique. De ce fait, il importe non seulement d'accroître la surveillance des sources d'approvisionnement mais aussi de promouvoir l'éducation sanitaire pour éviter la pollution de l'eau. Sur ce plan, les interventions menées en 2006 à la suite de l'épidémie de choléra de 2005 pour l'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des risques de contamination dans les points d'eau des quartiers périphériques de Nouakchott avec l'appui de la Coopération Suisse sont des initiatives à développer davantage.
- 42 Par ailleurs, il faut considérer cette étude avec ses limites et risque de biais du fait que seuls les paramètres liés à l'eau sont pris en compte alors qu'un faisceau de facteurs peuvent intervenir dans la transmission et le développement des maladies diarrhéiques tels que l'assainissement, les intoxications alimentaires, la malnutrition, etc. Aussi, l'utilisation de la morbidité diagnostiquée qui peut ne pas refléter totalement la morbidité réelle plus prompte à mettre en évidence les risques sanitaires.

Pratiques liées à l'eau et risques de contamination



BIBLIOGRAPHIE

- Bartram J., Cairncross S., (2010). Hygiene, sanitation, and water : forgotten foundations of health. *PLoS Medecine*, November, Volume 7, Issue 11, 9 p.
- Briscoe J., Feachem R G., Mujibur Rahaman M., (1987). *Evaluation de l'effet sur la santé : approvisionnement en eau, assainissement et hygiène*. UNICEF, ICDDR_B, CRDI (Centre de Recherche pour le Développement International), Ottawa, Canada, 86 p.
- Cairncross S., Bartram J., Cumming O., Brocklehurst C., (2010). Hygiene, sanitation, and water : what needs to be done ? *PLoS Medecine*, November, Volume 7, Issue 11, 7 p.
- Carr G. M., Neary J. P., (2008). *Water Quality for Ecosystem and Human Health*. United Nations Environment Programme (UNEP), Global Environment Monitoring System/Water Programme, 2nd Edition, 130 p.
- Château B., Perrin N., Ould Samba D., Diarra T., (2007). *La distribution d'eau potable dans la ville de Nouakchott, Mauritanie*. Rapport thématique GRET, CUN, Île de France, Nouakchott, octobre, 26 p.
- Clasen T. F., Haller L., (2008). *Water Quality Interventions to Prevent Diarrhoea : Cost and Effectiveness*. Public Health and the Environment, World Health Organization (WHO), Geneva, 40 p.
- CUN-INRSP, (2009). *Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des différents circuits d'approvisionnement à Nouakchott (Mauritanie)*. Rapport d'étude, Communauté Urbaine de Nouakchott (CUN) et Institut National de Recherche en Santé Publique (INRSP), Nouakchott, novembre, 25 p.
- Dieng Y., Tandia A. A., Wane A. T., Gaye O., Diop E. S., Diallo S., (1999). Les parasitoses intestinales chez les habitants d'une zone péri-urbaine à nappe phréatique polluée par les nitrates d'origine fécale. *Cahiers Santé*, (9), pp. 351-356.
- Dorier-Apprill E., (1993). *Environnement et santé à Brazzaville, de l'écologie à la géographie sociale*. Thèse de Géographie, Université de Paris 10, 668 p.
- Dos Santos S., Legrand T. K., (2007). Accès à l'eau et mortalité des enfants à Ouagadougou (Burkina Faso). *Environnement, Risques & Santé* — vol. 6, n° 5, septembre-octobre, pp. 365-371.
- DRAS, (2009). *Rapports annuels des registres de consultations dans les structures de santé à Nouakchott, Mauritanie*. Délégation Régionale à l'Action Sanitaire (DRAS) de Nouakchott, 78 p.
- Fewtrell L., Kaufmann R. B., Kay D., Enanoria W., Haller L., et al., (2005). Water, sanitation and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries : a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis* 5 : pp. 42-52.
- Gagneux S, Schneider C., Odermatt P., Cissé G., Tanner M., (1999). La diarrhée chez les agriculteurs urbains de Nouakchott en Mauritanie. *Med. Trop* No 59, pp. 253-259.
- Howard G., Bartram J., (2005). Effective water supply surveillance in urban areas of developing countries. *Journal of Water and Health*, 03-1, pp. 31-43.
- Howard G., Pedley S., Tibatemwa S., (2006). Quantitative microbial risk assessment to estimate health risks attributable to water supply : Can the technique be applied in developing countries with limited data ? *Journal of Water and Health*, 04-1, pp. 49-65.
- Hunter P. R., MacDonald A. M., Carter R. C., (2010). Water supply and health. *PLoS Medecine*, November, Volume 7, Issue 11, 9 p.

Kjellstrom, T., Mercado S., Satterthwaite D., McGranahan G., Friel S. & Havemann K., (2007). *Our cities, our health, our future : Acting on social determinants for health equity in urban settings*. Report to the WHO Commission on Social Determinants of Health from the Knowledge Network on Urban Settings, Kobe Japan, 70 p.

Ministère de la Santé, (2009). *Annuaire des statistiques sanitaires de la Mauritanie en 2008*. Direction de la Programmation, de la Coopération et de l'Information Sanitaire (DPCIS), Service des Méthodes et du Suivi des Indicateurs, Nouakchott, 96 p.

Mokofio F., Renaudet J., Opandy C., Bastard G., Abeye J., Yete M. L., Touabe J., Gondao L., Vohito J. A., (1991). Qualité bactériologique de l'eau des puits, des sources et des forages dans la ville de Bangui (Centrafrique) : Premiers Résultats et Perspectives. *Médecine d'Afrique Noire* : 1991, 38 (11), pp. 775-778.

Nguendo-Yongsi B., Salem G., Bruneau J.-C., (2008). Epidémiologie géographique des maladies diarrhéiques à Yaoundé (Cameroun). *Mappemonde*, 89 (1), 17 p.

Nguendo-Yongsi H. B., (2011). Microbiological evaluation of drinking water in Sub-saharian urban community (Yaoundé, Cameroun). *American Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 1(1) : pp. 68-81.

Ngwe E., Banza-Nsungu A. B., (2007). *Les déterminants socio-environnementaux de la morbidité diarrhéique des enfants de moins de 5 ans en milieu urbain au Cameroun : les villes de d'Ebolowa et Maroua*. Rapport final de recherche, Institut de Formation et de Recherche Démographiques (IFORD), Yaoundé, 61 p.

Obrist B., Cissé G., Koné B., Dongo K., Granado S., Tanner M. (2006). Interconnected Slums : Water, Sanitation and Health in Abidjan, Côte d'Ivoire. *The European Journal of Development Research*, vol. 18, No.2, June, pp. 319-336.

OMS-UN-Habitat, (2010). *La face cachée des villes : mettre au jour et vaincre les inégalités de santé en milieu urbain*. Rapport UN-Habitat-OMS, Genève, 145 p.

ONS, (2015). *Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH)*. Office National de la Statistique, Nouakchott, Mauritanie, 387 p.

ONS, (2014). *Enquête Nationale à Indicateurs Multiples (MICS) en 2011*. Rapport final, Office National de la Statistique (ONS), Nouakchott, Mauritanie, 325 p.

ONS, (2009). *Profil de la pauvreté en Mauritanie*. Rapport final de l'Enquête Permanente sur les Conditions de Vie (EPVC), Office National de la Statistique (ONS), Nouakchott, Mauritanie, 173 p.

Ould Samba D., Perrin N., (2008). *Répartition des volumes d'eau à Nouakchott, Mauritanie*. Rapport d'enquête, GRET, CUN, Île de France, Nouakchott, octobre, 32 p.

UNICEF-WHO, (2015). *25 ans of Progress on sanitation and drinking water - 2015 update and MDG assessment*. Joint Monitoring Programme (JMP), UNICEF and World Health Organization (WHO), 90 p.

UNICEF-MHA, (2011). *Etude sur la qualité microbiologique de l'eau en Mauritanie*. Rapport d'étude UNICEF-Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement (MHA), 66 p.

Prüss-Üstün A., Bos R., Gore F., Bartram J., (2008). Safer water, better health : costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health. World Health Organization, Geneva, 60 p.

RIM, (1986). *Code de l'eau*. République Islamique de Mauritanie, Journal officiel n° 670-671 du 24.09.1986, pp. 411-419.

- Salem G., (1998). *La santé dans la ville. Géographie d'un espace dense : Pikine (Sénégal)*. Editions Karthala-ORSTOM, Paris, 360 p.
- Sy I., (2006). *La gestion de la salubrité à Rufisque. Enjeux sanitaires et pratiques urbaines*. Thèse de doctorat de Géographie de la Santé à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, 563 p.
- Sy I., Keita M., Lô B., Tanner M., Cissé G., (2010). Gestion des déchets urbains et risques sanitaires : approche comparative entre deux communes de Nouakchott (Mauritanie). *Actes du Colloque Eau, Déchets et Développement Durable, 28 – 31 mars 2010, Alexandrie, Egypte*, 12 p.
- Sy I., Koita M., Traoré D., Keita M., Lô B., Tanner M., Cissé G., (2011). Vulnérabilité sanitaire et environnementale dans les quartiers défavorisés de Nouakchott (Mauritanie) : analyse des conditions d'émergence et de développement de maladies en milieu urbain sahélien. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 11 Numéro 2, 17 p. URL : <http://vertigo.revues.org/11174>.
- Sy I., Handschumacher P., Wyss K., Piermay J. L., Lô B., Cissé G., Tanner M., (2010). Variabilité des maladies diarrhéiques chez les enfants de moins de 5 ans en milieu urbain : l'exemple de Rufisque au Sénégal. *Médecine Tropicale*, 70, pp. 57-62.
- Tessier S., (1991). Les maladies de l'enfant liées à l'eau en milieu urbain. *Colloque pluridisciplinaire Géographie-Médecine sur l'eau et la santé en Afrique tropicale*, Limoges, octobre, PULIM, pp. 63-72.
- Tumwine J. K., Thompson J., Katua-Katua M., Muiwajuzi M., Johnson Porras I., (2002). Diarrhea and effects of different water sources, sanitation and hygiene behavior in East Africa. *Trop Med Int Health*. vol. 7, n° 9, pp. 750-756.
- Umesh D., Bresee J. S., Glass R. I., (2003). The global burden of diarrhoeal disease in children. *Bulletin of the World Health Organisation*, 81 (4), pp. 236-237.
- Vaguet A., (1986). Eau, ville et maladie. Le choléra dans une métropole indienne : Hyderabad. *Atelier de Géographie de la Santé, GEOS*, n° 4, Université Paul Valéry, Montpellier, 28 p.
- Willis R. M., Stewart R. A., Panuwatwanich K., Williams P. R., Hollingsworth A. L., (2011). Quantifying the influence of environmental and water conservation attitudes on household end use water consumption. *Journal of Environmental Management*, 92, pp. 1996-2009.

RÉSUMÉS

L'accès à une eau potable en quantité suffisante représente un enjeu majeur de santé publique dans une ville sahélienne semi-aride à l'instar de Nouakchott en Mauritanie où le faible taux de raccordement des ménages au réseau d'adduction conduit à une multitude de recours et pratiques avec un risque de contamination de l'eau et de propagation de maladies hydriques (diarrhée, choléra, typhoïde, parasitoses, dermatoses, etc.). Ainsi, ce papier cherche à analyser l'impact de la qualité de l'eau sur les inégalités de risques sanitaires en milieu urbain. Pour ce faire, l'approche méthodologique combine une démarche socio-environnementale, microbiologique et épidémiologique basée sur l'utilisation de sources de données diverses (enquêtes nationales, études bactériologiques de l'eau et morbidité diarrhéique diagnostiquée). Dans l'ensemble, les résultats montrent que seuls 25,6 % des ménages disposent de sources d'approvisionnement améliorées en eau potable au moment où une majeure partie de la population a recours à des modes d'alimentation précaires avec une dotation journalière inférieure à la norme recommandée de 20 litres par personne. Les analyses bactériologiques montrent que 93 % des points d'eau qui alimentent environ 74 % des ménages sont contaminés avec des valeurs comprises entre 10 et 80 coliformes fécaux par 100 ml d'eau. Ce degré de

contamination corrobore avec le niveau de prévalence de la diarrhée (12,8 %) dont la morbidité se révèle aussi inégale que la variabilité des modes d'approvisionnement et de la qualité microbiologique de l'eau selon les communes. Dès lors, l'exposition aux maladies diarrhéiques à travers le prisme de l'eau pose un véritable problème de santé publique. Il s'avère indispensable de développer une stratégie axée sur la sensibilisation, l'aménagement des points d'eau et le traitement avant la consommation pour améliorer la qualité de l'eau à tous les niveaux de la chaîne d'approvisionnement.

Access to drinking water with sufficient quantity is a major public health issue in a semi-arid sahelian city like Nouakchott where the low household connection rate to the supply network led to a multitude of remedies and practices with a risk of water contamination and propagation of water-borne diseases (diarrhea, cholera, typhoid, parasitic infections, skin diseases, etc.). Thus, this paper proposes to analyze the impact of water quality on health risks inequalities in urban areas. To do this, the methodological approach combines a socio-environmental, microbiological and epidemiological demarche based on the use of various data sources (national surveys, bacteriological studies of water and diarrheal morbidity provided by health facilities). Overall, the results show that only 25.6 % of households have improved water source when a majority of the population recourse on precarious modes with a daily supply less than the recommended standard of 20 liters per person. Bacteriological analyzes show that 93 % of water points supplying about 74 % of households are contaminated with values between 10 and 80 fecal coliforms per 100 ml of water. This degree of contamination corroborates with the level of diarrhea prevalence (12.8 %) whose morbidity appears so unequal that the variability of supply modes and water microbiological quality according to the municipalities. Therefore, exposure to diarrheal diseases through water prism is a real public health problem. It is essential to develop a strategy focalized in the people awareness, the water sources management and water treatment before consumption to improve water quality at all levels of supply chain.

INDEX

Keywords : water, quality, contamination, risks, diarrhea, Nouakchott

Mots-clés : eau, qualité, contamination, risques, diarrhée, Nouakchott

AUTEURS

IBRAHIMA SY

Swiss Tropical and Public Health Institute (Swiss TPH), Basel, Switzerland ; Centre de Suivi Ecologique (CSE), Dakar, Sénégal

DOULO TRAORÉ

Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Dakar, Sénégal ; Centre Suisse de Recherche Scientifique (CSRS), Abidjan, Côte d'Ivoire

BRAMA KONÉ

Centre Suisse de Recherche Scientifique (CSRS), Abidjan, Côte d'Ivoire

AMINATA NIANG DIÈNE

Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Dakar, Sénégal

BAIDY LÔ

Université des Sciences, de Technologies et de Médecine (USTM), Nouakchott, Mauritanie

OUSMANE FAYE

Centre Suisse de Recherche Scientifique (CSRS), Abidjan, Côte d'Ivoire

JÜRIG UTZINGER

Swiss Tropical and Public Health Institute (Swiss TPH), Basel, Switzerland

GUÉLADIO CISSÉ

Swiss Tropical and Public Health Institute (Swiss TPH), Basel, Switzerland

MARCEL TANNER

Swiss Tropical and Public Health Institute (Swiss TPH), Basel, Switzerland

Impact environnemental de la diffusion de produits phytosanitaires par ruissellement

Deux exemples contrastés en Europe et en Afrique

Environmental impact of the spread of pesticides runoff. Two contrasting examples in Europe and Africa

Emmanuelle Cadot, Valérie Borrell Estupina, Marine Rousseau et David Sebag

Contribution : Emmanuelle Cadot, Valérie Borrell Estupina, Marine Rousseau et David Sebag ont défini les protocoles de recherche. Emmanuelle Cadot et Valérie Borrell Estupina ont écrit le manuscrit avec une contribution égale. Valérie Borrell Estupina a conduit les analyses et interprété les résultats de la méthode hydrologique. Emmanuelle Cadot a mené les analyses et interprétation de la partie phytosanitaire. David Sebag a participé à la relecture du manuscrit et à l'interprétation des résultats.

Introduction

Environnement et santé

- 1 L'exposition est un concept central sur lequel repose les études épidémiologiques environnementales. Qu'il s'agisse d'études cas-témoin ou de suivi de cohorte, elles reposent sur des comparaisons entre groupes exposés et non exposés qui cherchent à mettre en évidence une relation entre l'existence d'un risque (ou son accroissement) et le degré d'exposition à un facteur de risque. Si l'exposition ne peut être définie ou mesurée de façon claire et précise, c'est la validité même de l'étude et l'ensemble de ses résultats qui pourraient être remis en cause. L'épidémiologie environnementale repose sur l'hypothèse qu'il existe un certain nombre de facteurs de risques présents dans l'environnement où nous évoluons.

- 2 L'hypothèse selon laquelle les lieux que nous fréquentons, les endroits où nous vivons auraient un impact sur notre santé n'est pas nouvelle. Quatre siècles avant J.C., Hippocrate précisait dans son *Traité des airs, des eaux et des lieux* que « pour approfondir la médecine, il faut considérer d'abord les saisons, connaître la qualité des eaux, des vents, étudier les divers états du sol et le genre de vie des habitants ». Cette préoccupation a été longtemps ignorée alors que se développait une approche de la santé centrée sur l'individu et les maladies. Le mouvement hygiéniste de la fin du XIX^e Siècle réintroduit l'influence de l'environnement de vie sur les états de santé. Ainsi, les travaux pionniers de John Snow lors de l'épidémie de choléra qui ravagea Londres en 1854. En dressant une carte des personnes décédées du choléra, il mit en évidence des zones de concentration autour de certaines bornes d'approvisionnement. La fermeture de ces bornes permit d'endiguer l'épidémie : Snow venait de valider son hypothèse quant au rôle étiologique de l'eau (Snow, 2008). En 1933, Maximilien Sorre, géographe s'intéressant aux maladies vectorielles, pose les bases de l'épidémiologie environnementale en développant le concept de « complexe pathogène » (Sorre, 1933). Ce dernier exprime la coexistence et l'interaction – dans un espace donné – de trois déterminants : un agent pathogène, un vecteur et/ou un réservoir (homme, animal ou milieu naturel) et un hôte réceptif (le malade) qui aboutissent à l'expression d'une maladie. Par la suite, la révolution pasteurienne ramène au premier plan les germes, faisant oublier un temps, l'influence de l'environnement sur la santé.
- 3 L'environnement est une notion plurielle et polysémique, riche d'une multitude d'acceptions différentes, comme autant de morceaux distincts d'une signification globale. Ainsi, en droit français, ce terme recouvre la nature – les espèces végétales et animales – et les ressources naturelles. Au sens des géographes, l'environnement ne se réduit pas à la seule dimension physique ou naturelle d'un support matériel pour les activités humaines. C'est un construit scientifique résultant de l'interaction permanente entre le milieu physique, l'homme et les sociétés qui y vivent et caractérisé par deux dimensions, spatiale et temporelle. Si la dimension spatiale – le jeu des distances, des proximités, des interrelations entre les lieux – tombe sous le sens, la dimension temporelle n'en n'est pas moins capitale. Elle renvoie aux héritages qui caractérisent notre environnement qu'ils soient naturels (ressources renouvelables ou non, formes héritées du paysage, les paléo-environnements, etc.) ou anthropisés (disparitions d'espèces animales ou végétales, réduction des couverts végétaux, pollutions, etc. ; Veyret, 2007).
- 4 De même, l'impact de l'environnement sur la santé ne se résume pas à la seule dimension physique de l'environnement et la majorité des recherches récentes – tant en géographie de la santé qu'en épidémiologie sociale ou spatiale – s'articule davantage autour d'un système pathogène, concept systémique mettant en exergue les relations entre santé et environnement « physique », mais aussi (surtout), les relations et interactions avec l'environnement « social » ou « économique ».
- 5 Toutefois, la relation santé environnement n'est pas si aisée à mesurer. En premier lieu, elle est souvent associée à des risques dits « faibles » rendant leur mise en évidence plus complexe et délicate. Il existe souvent un délai de latence important, pouvant aller jusqu'à plusieurs années, entre le moment de l'exposition initiale et le déclenchement de la maladie. Par ailleurs, l'exposition environnementale est souvent multiple et ne transite pas selon une seule voie d'exposition. L'analyse de la relation santé

environnement requiert donc de développer une méthodologie précise et rigoureuse de mesure des expositions.

La contamination par les pesticides

- 6 Le terme générique de pesticide rassemble l'ensemble des produits, chimiques ou naturels, visant à combattre ou repousser les nuisibles (animaux ou végétaux) lors de la culture, du stockage et du transport des produits agricoles. Ils regroupent un ensemble très hétérogène de substances chimiques adaptées à la lutte contre les plantes et les animaux indésirables : herbicides, fongicides, insecticides, acaricides, nématicides, rodenticides, pour l'essentiel, dans le cadre des activités agricoles. Les mêmes molécules utilisées dans d'autres champs que l'agriculture (entretien des routes et des voies ferrées, lutte antivectorielle, application antiparasitaire, etc.) sont appelées biocides.
- 7 Depuis les années cinquante, l'usage intensif de produits phytosanitaires a permis l'augmentation significative des rendements productifs. L'agriculture française, comme celle d'autres pays développés, est largement dépendante de l'utilisation de ces produits ; la France est d'ailleurs le premier utilisateur européen et le quatrième utilisateur de pesticides au monde derrière les Etats-Unis, le Brésil et le Japon avec environ 78 000 tonnes de matières actives utilisées en 2008 (Observatoire des Résidus de Pesticides, 2016). Toutefois, les pays en développement face à l'accroissement accéléré de leur population, utilisent eux aussi, de façon grandissante ces produits. Leur usage systématique est aujourd'hui remis en cause du fait des conséquences et des risques qu'ils peuvent générer tant pour l'environnement que pour la santé humaine.
- 8 Lors de l'utilisation de produits phytosanitaires, seule une partie de la quantité épandue atteint effectivement la cible visée et le reste constitue les pertes dans l'environnement qui peuvent atteindre jusqu'à 70 % de la dose épandue (Aubertot, Barbier *et al.*, 2005). Du fait des techniques d'épandage (rampes de pulvérisation, mais aussi par avion) les pertes dans l'atmosphère peuvent intervenir dès l'application par dérive initiale, par érosion éolienne ultérieurement ou enfin, par volatilisation. Ensuite, ces produits peuvent être stockés dans l'eau du sol, adsorbés sur les particules de sol, être transportés par ruissellement ou percolation. Depuis de nombreuses années, les produits phytosanitaires ont été mis en évidence dans l'ensemble des compartiments de l'environnement (air, sol, eau) mais aussi dans la faune et la flore. Des analyses menées de façon récurrente en France sur un certain nombre de cours d'eau montrent la présence de pesticides dans plus de 90 % des cours d'eau testés (Dubois, 2013). Leur transport sur des milliers de kilomètres via le cycle de l'eau ou le transport des masses d'air a déjà été montré, comme en témoigne l'imprégnation des différents compartiments de l'écosystème arctique (Li & Macdonald, 2005).
- 9 Si les effets des intoxications aiguës par les pesticides sont assez bien connus, les conséquences de l'exposition chronique restent encore largement à démontrer. Toutefois, en dépit de certaines limitations, l'ensemble des plus récents résultats semble s'accorder pour pointer du doigt l'effet délétère de ces substances sur la santé (Multigner, 2005). Les effets cancérigènes, neurotoxiques ou de type perturbateurs endocriniens sont les plus évoqués et documentés. Concernant le cancer, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a déjà classé un certain nombre de pesticides comme cancérigènes certains (l'arsenic), probables ou possibles (DDT). De

même, l'expertise conduite en 2008 par l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (Inserm) conclue à la responsabilité probable des pesticides dans la plupart des cancers d'origine environnementale (Ferragu, Tron *et al.*, 2010).

- 10 L'ubiquité des pesticides et de leurs résidus implique pour la population une exposition secondaire (par opposition à l'exposition primaire qui caractérise les professionnels qui les manipulent). L'alimentation et la consommation d'eau sont les voies d'exposition les plus documentées, mais de récentes études montrent que la proximité résidentielle pourrait accentuer le risque d'exposition de la population, notamment les enfants (Rull, Gunier *et al.*, 2009) ou les femmes enceintes (Shirangi, Nieuwenhuijsen *et al.*, 2011).

Question de recherche et méthodologie proposée

- 11 L'épidémiologie environnementale qui vise à mesurer l'effet sur la santé humaine de l'exposition à certains facteurs de risques environnementaux, se doit de s'appuyer sur une définition précise et rigoureuse de cette exposition. Pour cela, des développements méthodologiques sont nécessaires, notamment en ce qui concerne la mesure ou la distribution des expositions (Ledrans, 2006). Dans le domaine de l'exposition à des polluants chimiques, il est classique de conduire en parallèle de l'enquête épidémiologique, une campagne spécifique de prélèvements et d'analyses d'échantillons des différents compartiments de l'environnement (eau, sol, air) en plusieurs points de la zone d'étude. Ce genre de campagne d'analyse spécifique constitue une façon classique, et coûteuse, mais toujours utilisée, d'appréhender la pollution environnementale, notamment par les pesticides (Gómez, Herrera *et al.*, 2012 ; Hellar-Kihampa, De Wael *et al.*, 2013).
- 12 Dans ce contexte, nous nous sommes plus interrogés sur la répartition spatiale des produits phytosanitaires dans une zone et nous nous sommes intéressés au risque de pollution des eaux de surface. Les zones potentielles d'accumulation des écoulements pourraient constituer des zones d'exposition maximales pour les individus résidants à proximité. Différents paramètres déterminent les transferts de matières actives phytosanitaires vers les eaux superficielles. Le transfert des pesticides vers les cours d'eau se fait principalement sous l'action du ruissellement de la pluie, conditionné par les propriétés du terrain et du climat. Deux types de réactions du sol peuvent coexister dans le temps et dans l'espace (Cosandey, 2000). En premier, si la capacité d'infiltration du sol, contrôlée par ses propriétés de texture et hydrodynamiques, est inférieure à l'intensité de la pluie, alors un ruissellement hortonien (Beven, 2004) va apparaître. En second, si le sol est saturé (par remontée d'une nappe perchée par exemple) alors quelle que soit l'intensité de la pluie incidente, un ruissellement par saturation du sol (Dunne & Black, 1970) se formera. Une fois généré en surface, le ruissellement, indépendamment de son origine, pourra transporter les pesticides et autres substances sur les versants et se concentrer vers les cours d'eau en aval. Au contraire, les eaux infiltrées pourront véhiculer les pesticides vers les nappes souterraines.
- 13 Il existe différentes méthodes pour évaluer la pollution des eaux de surface. Certaines, estiment la contamination d'une masse d'eau de surface par un épandage suite à une pluie (Verro, Calliera *et al.*, 2002 ; Bonzini, Verro *et al.*, 2006). D'autre le font par le biais de l'utilisation d'indicateurs environnementaux ou le développement de modèles de transfert (Thiollet-Scholtus, 2004 ; Macary, Balestrat *et al.*, 2007).

- 14 Notre objectif vise à définir une méthode pour caractériser l'aléa potentiel de pollution résultant tant de l'épandage direct de produits phytosanitaires que de leur transfert par ruissellement au sein d'un bassin versant. Notre méthode s'appuie sur un indicateur environnemental composite spatialisé qui combinera la pression phytosanitaire et la vulnérabilité des masses d'eau superficielles. Cette méthodologie est testée dans deux zones où d'intenses précipitations provoquent des ruissellements importants : en Languedoc-Roussillon et dans l'extrême Nord du Cameroun.

Définitions

Battance : Caractère d'un sol dont la structure se désagrège jusqu'à former une croûte en surface sous l'action de la pluie. La battance est étroitement dépendante des éléments qui composent le sol (argiles, limons, argiles, matières organiques, etc.). Elle se traduit par le colmatage de la part superficielle du sol, empêchant l'infiltration. En conséquence, elle favorise souvent l'érosion hydrique.

Ecoulement hortonien : Le ruissellement hortonien apparaît lorsque l'intensité des précipitations dépasse la capacité d'infiltration des sols. L'excédent stagne à la surface du sol et peut s'écouler sous l'effet de la pente. C'est le type de ruissellement le plus naturellement compris, observé et intuitif.

Matériel et méthode

Estimation de la pression phytosanitaire

- 15 Pour évaluer l'utilisation des pesticides, différents indicateurs existent basés sur les quantités de substances actives (vendues, utilisées), sur le nombre de traitements ou encore sur le coût des traitements phytosanitaires appliqués. L'indicateur retenu, l'Indice de Fréquence des Traitements (IFT) est un indicateur synthétique de pression polluante qui permet d'estimer l'intensité du recours aux différents produits. Développé dans les années 80 au Danemark, le calcul de l'IFT a été adapté et développé en France par l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et le Ministère de l'agriculture et de la pêche (Champeaux, 2006). L'indicateur de fréquence des traitements (IFT), mesuré notamment à partir des enquêtes sur les pratiques culturales, correspond, à la moyenne par hectare, du nombre des traitements effectués en produits commercialisés, pondérés par le rapport entre la dose utilisée et la dose homologuée (Pingault, Pleyber *et al.*, 2009). Ils peuvent être calculés par culture, par région ou encore par classe de produits (IFT herbicides, IFT pesticides, etc.).
- 16 Afin d'estimer spatialement la pression phytosanitaire d'une zone, nous avons combiné l'orientation culturale de cette zone et l'IFT correspondant à la culture dominante. La typologie des cultures a été construite à partir des données du recensement agricole (2010) qui définit, pour chaque exploitation, une orientation technico-économique qui rend compte de sa spécialisation. Ces données, agrégées par communes permettent de définir une orientation dominante par commune (la culture la plus présente). Plusieurs classifications existent (70 ou 18 postes). Nous avons adopté une classification simplifiée en 6 postes à partir de regroupements de la liste en 18 postes (céréales et oléo protéagineux, maraîchage, horticulture, viticulture, arboriculture fruitière, polyculture / élevage). Au final nous avons calculé pour chaque commune un IFT

communal résultat du produit de l'IFT de la culture dominante par la Surface Agricole Utilisée (SAU) de la commune rapporté à la surface communale totale.

Définition des zones de production et d'accumulation du ruissellement

- 17 La méthodologie mise en œuvre propose de caractériser le terrain selon sa faculté à produire du ruissellement. Pour cela, le territoire est découpé en unités de l'espace, appelées hydro-paysages pour lesquelles la réponse hydrologique est supposée homogène (Dehotin and Braud 2008). En se basant sur une méthode de cartographie du risque de ruissellement intense, la méthode IRIP (Indicateur de l'aléa inondation par Ruissellement Intense Pluvial) (Dehotin and Breil 2011), et de genèse du ruissellement de surface par une résolution lagrangienne (Estupina-Borrell, 2004, Estupina-Borrell *et al.*, 2005), il est possible de caractériser les zones propices à la production de ruissellement et celles susceptibles d'accumuler ce ruissellement. Nous utilisons la battance, la profondeur du sol, la pente du terrain et l'occupation des sols pour caractériser la propension d'un point du versant à ruisseler ou au contraire à infiltrer une pluie incidente. La battance est estimée à partir de la texture du sol (teneurs en argile, limon et sable). Les sols ont été regroupés selon leur granulométrie et leur profondeur. La pente du terrain est directement évaluée à partir du Modèle Numérique de Terrain (MNT). L'occupation du sol, est traduite en termes de sensibilité à la production de ruissellement hortonien (les cultures et zones urbaines favorisant le ruissellement, contrairement aux forêts et zones naturelles). Cette seconde étape conduit à l'élaboration de la carte de production du ruissellement. Ensuite, l'IFT et la capacité à produire du ruissellement sont combinés de façon à estimer quelles sont les zones pour lesquelles une pression phytosanitaire s'exerce sur un milieu susceptible de produire du ruissellement. Cette troisième étape conduit à définir des espaces de pression en production.
- 18 Enfin, la dernière étape consiste à évaluer les zones aval où vont s'accumuler les ruissellements issus des zones soumises à une « pression en production ». Le calcul d'évaluation des zones à risques de pollution est proposé à travers la détermination des zones alimentées par des points amont potentiellement pollués et qui présentent une relative facilité à rejoindre le réseau hydrographique (permanent et transitoire). Ainsi, cette dernière étape permet de caractériser la pression phytosanitaire potentielle résultant de l'épandage direct et son transfert et constitue la carte de l'aléa potentiel de pollution.
- 19 Cette méthode cartographique repose sur la détermination d'un certain nombre de seuils qui fixent les classes de chaque grandeur considérée. Leur sensibilité a été étudiée, en particulier, la sensibilité au mode de calcul des pentes, à l'épaisseur des sols et à la battance. La méthode des quantiles a été retenue pour le seuil sur les pentes.

Sites d'étude

- 20 En Languedoc-Roussillon, la zone d'étude se situe aux confins du département du Gard, et dans une moindre mesure de l'Hérault et de la Lozère. Elle couvre une surface totale d'environ 5 000 km² qui correspond à 282 communes. Les sols sont renseignés dans la base de données sols du Languedoc-Roussillon (BDSol-LR), issue du Référentiel

Pédologique Régional (RPR). D'épaisseurs variables, ils présentent différentes textures selon les secteurs (sables limoneux, argiles limoneuses, argiles, limons argilo-sableux essentiellement). La topographie est renseignée par la BD ALTI® de l'Institut Géographique National (IGN, 2012). L'occupation du sol est issue des données de Corine Land Cover (Union européenne – SOeS, CORINE Land Cover, 2006).

- 21 Au Cameroun, le bassin versant du Mayo Tsanaga, situé à l'extrême Nord du pays, constitue notre site d'étude. D'une surface d'environ 1535 km², il s'étend d'Ouest en Est, des Monts Mandara où le fleuve éponyme prend sa source, jusqu'à sa confluence avec le Logone, un affluent du Lac Tchad (Liéno, Mahé *et al.*, 2009). Les caractéristiques des sols sont issues d'une analyse détaillée conduite sur l'ensemble du bassin versant (Brabant and Gavaud, 1985). La géomorphologie, l'hydrographie et l'occupation du sol sont issues d'un travail de recherche conduit récemment sur le bassin versant à partir d'interprétation d'images satellites (Leroux, Oszwald *et al.*, 2013). La zone d'étude correspond à la partie supérieure du bassin versant, en amont de la ville de Maroua, 4^e ville du Cameroun avec 300 800 habitants en 2005.

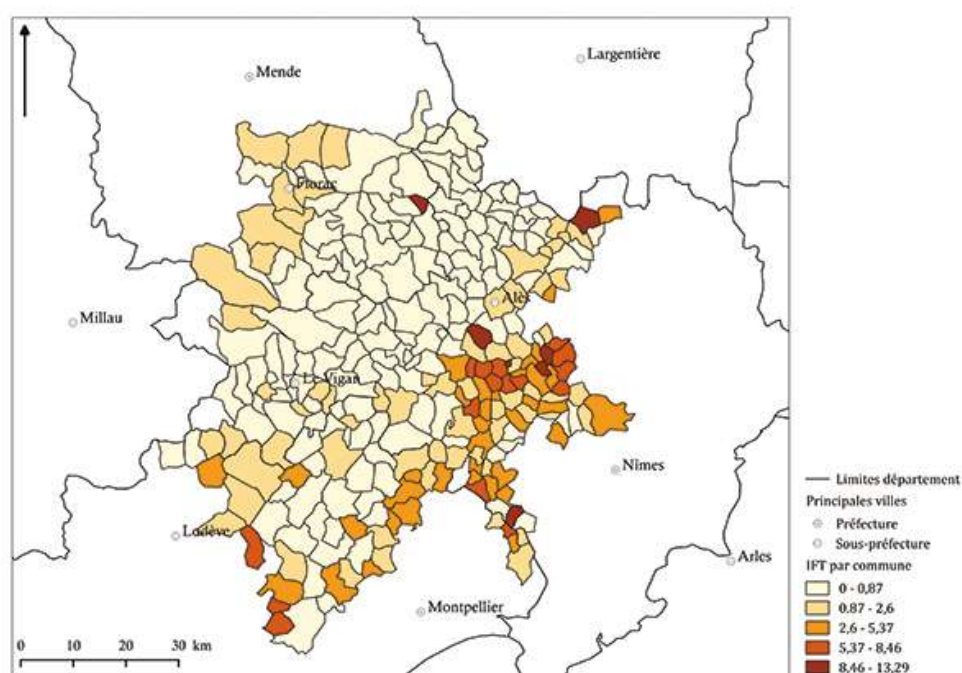
Résultats

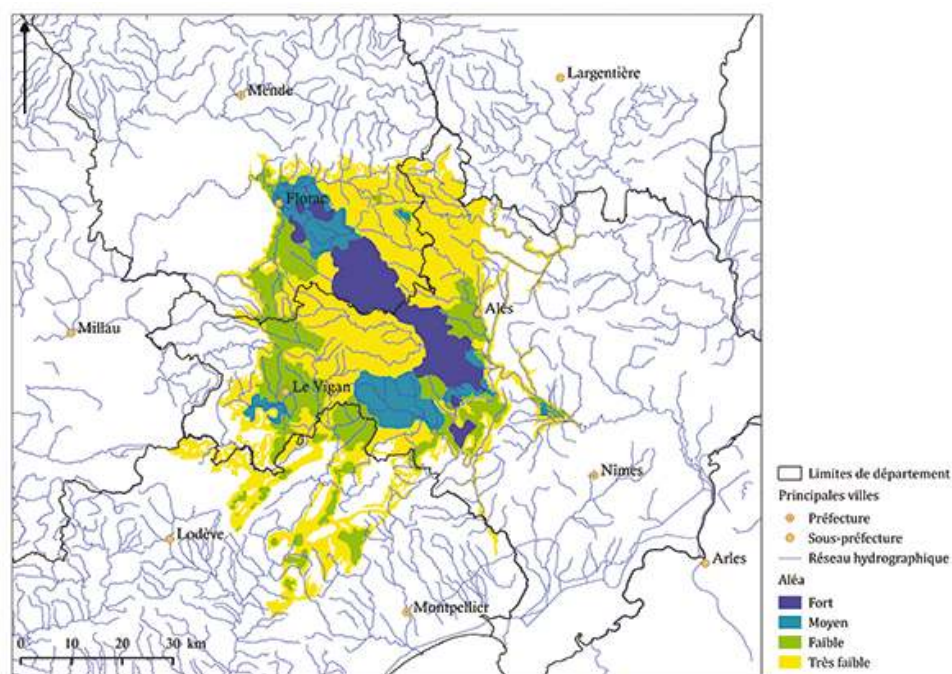
En Languedoc-Roussillon

- 22 Les valeurs de l'IFT communal s'échelonnent de 0 à 13,3. L'IFT communal moyen est de 1,65, mais la moitié des communes ont un IFT inférieur à 0,63. La répartition de l'IFT souligne un découpage assez net en trois bandes orientées sud-ouest / nord-est (**figure 1**, carte b). La plus septentrionale présente des valeurs d'IFT moyennes et correspond à une zone rurale dominée par la polyculture et l'élevage. La bande centrale affiche les valeurs les plus faibles et se caractérise par la coexistence de polycultures et de l'élevage. Enfin, la partie sud, largement dominée par la viticulture arbore les valeurs les plus élevées d'IFT communaux.
- 23 Concernant la carte de production de ruissellement, la battance est relativement faible sur l'ensemble de la zone d'étude. L'épaisseur des sols variables, allant d'une absence de sol sur des formations karstiques affleurantes et des sols très profonds. Les zones de sol profond se situent au niveau des régions naturelles. Les secteurs sud et sud-est présentent des sols fins et moyennement épais. Le relief est marqué, avec des altitudes supérieures à 1 000 m NGF sur une bande orientée nord-est sud-ouest sur le secteur de tête des bassins au nord-ouest de la zone étudiée. Puis le gradient altitudinal présente une orientation nord-ouest sud-ouest, avec une plaine marquée après la confluence des Gardons (altitudes inférieures à 200 m NGF). Les pentes varient de 0 à 52 % avec une moyenne à 10 %. Les pentes faibles se retrouvent sur le secteur anthropisé du sud-est. Le réseau hydrographique permanent et temporaire est dense et marqué sur tout le secteur étudié en dehors de cette zone anthropisée. Les 4 critères retenus sont traduits en classes binaires en fixant un seuil, puis ces classes sont sommées afin de construire les classes de production au ruissellement. L'étude de sensibilité portant sur les valeurs des différents seuils fixés pour chaque critère ne se traduit pas en fort impact sur la carte finale de production du ruissellement. Toutefois, le seuil fixé sur la profondeur du sol (incluant ou pas les sols d'épaisseur moyenne) est une donnée sensible, tout comme le seuil relatif aux pentes. Pour la suite de l'étude, la méthode des quantiles est retenue pour le seuil sur les pentes, et les sols d'épaisseur moyenne ont été regroupés avec les

sols minces (ce qui favorise la production de ruissellement). Au final, la carte de l'aléa de pollution combine la pression phytosanitaire, la production de ruissellement et l'aptitude de la zone à l'accumulation (carte c, **figure 1**). La partie amont (au nord-ouest de la carte), qui correspond au piémont des Cévennes, présente de faibles aptitudes tant à la production qu'à l'accumulation du ruissellement, notamment en raison des fortes pentes qui peuvent atteindre 52 % et sont soumises à une très faible pression phytosanitaire, déterminant un aléa faible dans toute cette zone. L'axe central où l'aléa est maximal (bleu foncé) correspond aux bassins versants des Gardons de Sainte-Croix et de Saint-Jean. Deux autres espaces, l'amont du Vidourle et les affluents les plus septentrionaux du Tarnon, se caractérisent par un aléa moyen (bleu clair). Ces zones combinent une forte pression phytosanitaire et une importante aptitude tant au ruissellement qu'à l'accumulation.

Figure 1 : La zone d'étude en Languedoc-Roussillon. A- L'indice de Fréquence des Traitements. B- Carte d'accumulation des pesticides



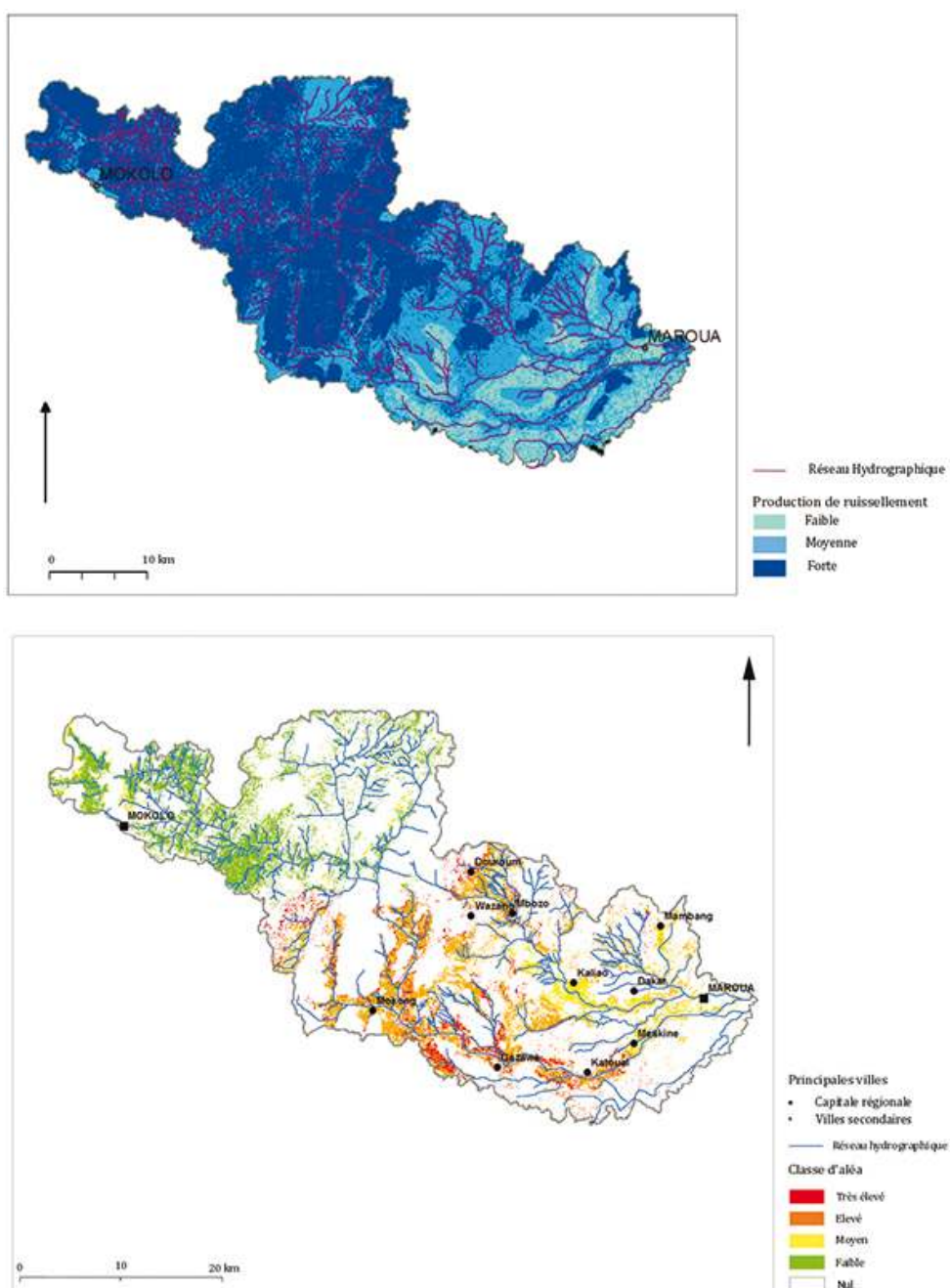


À l'extrême Nord du Cameroun

- 24 Une carte d'occupation du sol issue de traitements d'images satellitales a permis d'identifier des différents types d'occupation du sol (Leroux, Oszwald *et al.*, 2013). La zone amont, caractérisée par un relief marqué constituée de vallées encaissées, est peu propice au développement agricole. La zone du piémont, notamment aux alentours de Maroua est caractérisée par une mise en valeur agricole intense autour de deux cultures dominantes, le coton dans l'ensemble du sous-bassin versant de Maroua et le maraîchage aux abords de la ville. La culture cotonnière, pour répondre à des besoins de rentabilité, utilise d'importantes quantités de produits phytosanitaires, insecticides et herbicides (Seiny-Boukar, Poulain *et al.*, 1997). Différents protocoles de traitements existent pour la culture du coton, recommandés par la Société de développement du coton (Sodecoton), l'entreprise d'Etat qui gère la filière coton au Cameroun (Bertrand, Brévault *et al.*, 2010). Toutefois il n'existe aucune information suffisamment détaillée concernant les pratiques culturales tant du coton que du maraîchage pour calculer les IFT correspondant. Faisant l'hypothèse que les rendements sont étroitement corrélés aux épandages d'intrants, nous supposons que plus le rendement est élevé, plus la pression phytosanitaire qui s'exerce sur le milieu est intense. Nous nous sommes donc appuyés sur la carte des rendements de coton de la campagne 1985-1986 combinée à la carte des zones de cultures pour établir la carte de pression phytosanitaire en quatre classes (Roupsard 2004). En l'absence de culture, la pression phytosanitaire est nulle. En présence de culture avec un rendement faible ou nul, la pression est minimale (codée 1). Enfin, la présence de culture croisée avec deux classes de rendement constitue les classes 3 et 4.
- 25 Sur la carte de production du ruissellement, une majorité du bassin correspond à des zones de moyenne production. La production aux abords des cours d'eau est différenciée. En effet, en amont, la production des rives est faible et inférieure à celle des environs, alors qu'en aval la production est moyenne à forte, et supérieure aux

environs. Ceci est lié aux dépôts de sédiments grossiers uniquement dans l'amont (écoulement rapide du cours d'eau), puis le dépôt de sédiments plus fins en aval lorsque l'écoulement ralenti. Les environs de Maroua correspondent à une zone de forte production. Au final, la carte de l'aléa potentiel de pollution (carte c, **figure 2**) faire ressortir trois zones, la partie amont où l'aléa est faible, la partie centrale où il est élevé à très élevé alors que la zone aval se caractérise par un aléa moyen.

Figure 2 : La zone d'étude dans l'Extrême Nord du Cameroun. A- Aptitude à la production de ruissellement. B- Aléa de pollution phytosanitaire en fonction des zones d'accumulation



Discussion et conclusion

- 26 Nous avons développé une démarche originale d'évaluation et de spatialisation d'un aléa de contamination phytosanitaire. Cette méthode cartographique simple à mettre en œuvre et reproductible permet de caractériser l'amplitude spatiale de l'aléa potentiel de pollution dans une zone, quelle que soit l'échelle d'analyse et le découpage utilisé, et donc de définir assez précisément des zones d'exposition potentielle maximale pour la population résidant à proximité des zones de cultures. A notre connaissance, ce genre d'analyse environnementale d'un aléa n'a jamais encore servi à soutenir ou éclairer des enquêtes épidémiologiques. Elle permet en outre, d'établir un diagnostic rapide d'une situation de pollution et d'en assurer le suivi pour mesurer, par exemple, l'impact de recommandations ou de politiques d'amélioration de la qualité de l'environnement, ou encore pour conduire des estimations de risques sanitaires.
- 27 Développée dans deux contextes différents qui se distinguent, entre autres, par l'accès aux données, la méthode s'avère suffisamment robuste pour être mise en œuvre même avec peu d'informations comme dans le cas de l'extrême Nord du Cameroun. Il faut alors dans ce cas, rester prudent avec les conclusions apportées, puisque la fiabilité du résultat final dépend, bien évidemment de la qualité des données qui servent à la construction des cartes.
- 28 Bien qu'impossible à mettre en œuvre au Cameroun, l'indice de pression phytosanitaire retenu pour l'étude menée en France, l'IFT, présente l'avantage de prendre en compte l'intensité du traitement et de permettre d'agréger les substances différentes afin d'obtenir une estimation globale de la pression phytosanitaire.
- 29 Les résultats que nous obtenons sont cohérents en regard de ceux d'autres études ayant utilisé une méthodologie similaire. En Languedoc-Roussillon, les résultats obtenus présentent une bonne similitude avec ceux de Bonnet pour les valeurs extrêmes (hautes et basses) de production du ruissellement (Bonnet 2012). Par contre, l'hétérogénéité de la zone productive ne présente pas le même faciès. Concernant l'aptitude à l'accumulation, nous avons choisi de favoriser la proximité du réseau hydrographique au pixel et sa facilité à l'atteindre. Ainsi, la sensibilité au mode de calcul de la pente diminue alors que l'influence des zones de production amont augmente.
- 30 D'autres méthodes cartographiques d'estimation des risques phytosanitaires existent, mais aucune n'intègre le ruissellement et son accumulation dans les zones basses. Macary *et al.* définissent le risque de contamination comme le produit d'une pression agricole et de la vulnérabilité des eaux de surface, définie selon différents critères (la nature du sol, la géomorphologie ou la pente). La pression agricole est définie par le nombre de traitements effectués par culture (Macary, Balestrat *et al.*, 2007, Macary, Morin *et al.*, 2014). Siber *et al.* estiment une capacité à diffuser les herbicides vers les eaux de surface en supposant que le transport des herbicides est essentiellement dû aux écoulements rapides qui sont estimés par un indicateur le Fast Flow Index (FFI) et combiné à l'utilisation d'herbicides (Siber, Stamm *et al.*, 2009). Cette méthode qui s'appuie sur un grand nombre de mesures de débit ne peut pas être développée dans le cas de bassins versants peu jaugés, comme parfois dans les pays du Sud.
- 31 Cette recherche présente certaines limites. D'une part, les propagations aériennes et souterraines de ces produits ne sont pas prises en compte. Cette limite est

particulièrement prégnante pour le contexte du Languedoc-Roussillon où le ruissellement du massif Cévenol est encore mal connu, et fait d'ailleurs l'objet de l'ANR FloodScale (Braud, Ayral *et al.*, 2014) en cours. Bien que le processus de ruissellement ne soit pas visible sur les sols des Cévennes, la réponse des Gardons à une pluie incidente est suffisamment rapide pour imaginer la contribution d'autres processus de transferts rapides.

- 32 L'approche par calcul de l'IFT ne tient pas compte des spécificités des molécules et des composants qui constituent les pesticides ou leurs produits de dégradation. La capacité d'un pesticide à se déplacer dans le sol dépend en partie de son coefficient d'adsorption (Koc) : plus la valeur du Koc est élevée, plus sa mobilité est faible et, *de facto*, le risque de contamination du milieu. Une autre caractéristique, la rémanence estimée par la demi-vie de dégradation (DT50) qui est la durée à l'issue de laquelle la moitié de la quantité présente est dégradée.
- 33 La validation des résultats de cette modélisation constitue une des prochaines étapes de cette recherche. Deux pistes de validation sont envisagées, des mesures de concentrations de polluants *in situ* d'une part et d'autre part, le développement d'un autre modèle intégrant la pluviométrie. A terme la confrontation avec des données de santé constituerait une validation tant de la méthode que de l'hypothèse d'une exposition secondaire en relation avec les lieux de résidence.

BIBLIOGRAPHIE

Aubertot J., J. Barbier, A. Carpentier, J. Gril, L. Guichard, P. Lucas, S. Savary, I. Savini and M. Voltz, (2005). *Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux*, INRA et Cemagref : 64.

Bertrand A., T. Brévault, M. Thèze and M. Vaissayre, (2010). *De la LEC à la LOIC : comment aider les paysans à prendre en charge la protection phytosanitaire de leurs parcelles de coton ?* Colloque Savanes africaines en développement : Innover pour durer. B. P. Seiny Boukar L. Garoua, Cameroun, PRASAC : 12 p.

Beven K., (2004). Infiltration excess at the Horton Hydrology Laboratory (or not ?). *Journal of Hydrology* 293(1-4) : 219-234.

Bonnet S., (2012). *Cartographie des zones potentielles de production ou d'accumulation du ruissellement de surface en région cévenole*. Master II Eau, UM2.

Bonzini S., R. Verro, S. Otto, L. Lazzaro, A. Finizio, G. Zanin and M. Vighi, (2006). Experimental Validation of a Geographical Information Systems-Based Procedure for Predicting Pesticide Exposure in Surface Water. *Environmental Science & Technology*, 40(24) : 7561-7569.

Brabant P. and M. Gavaud, (1985). *Les sols et les ressources en terres du Nord-Cameroun (Provinces du Nord et de l'Extrême Nord) : cartes à 1 : 500000 Feuille Nord : Maroua-Kousseri Feuille Sud : Garoua*. Paris, ORSTOM.

Braud, I., P. A. Ayrat, C. Bouvier, F. Branger, G. Delrieu, J. Le Coz, G. Nord, J. P. Vandervaere, S. Anquetin, M. Adamovic, J. Andrieu, C. Batiot, B. Boudevillain, P. Brunet, J. Carreau, A. Confoland, J. M. Domergue, J. Douvinet, G. Dramais, R. Freydier, S. Gérard, J. Huza, E. Leblois, O. Le Bourgeois, R. Le Boursicaud, P. Marchand, P. Martin, L. Nottale, N. Patris, B. Renard, J. L. Seidel, J. D. Taupin, O. Vannier, B. Vincendon and A. Wijbrans, (2014). Multi-scale hydrometeorological observation and modelling for flash-flood understanding. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(9) : 3733-3761.

Champeaux C., (2006). *Recours à l'utilisation de pesticides en grandes cultures. Evolution de l'Indicateur de Fréquence de Traitements au travers des enquêtes « Pratiques Culturelles » du SCEES entre 1994 et 2001.* Ministère de l'Agriculture et de la pêche, Institut national de la recherche agronomique, UMR 211 Agronomie Grignon : 101.

Dehotin J. and I. Braud, (2008). Which spatial discretization for distributed hydrological models ? Proposition of a methodology and illustration for medium to large-scale catchments. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12(3) : 769-796.

Dehotin J. and P. Breil, (2011). *Projet IRIP : Rapport technique - Cartographie de l'aléa ruissellement.*

Dubois A., (2013). Contamination des cours d'eau par les pesticides en 2011. *Chiffres & Statistiques*, (436) : 7.

Dunne T. and R. D. Black, (1970). Partial Area Contributions to Storm Runoff in a Small New England Watershed. *Water Resources Research*, 6(5) : 1296-1311.

Estupina-Borrell V., (2004). *Vers une modélisation hydrologique adaptée à la prévision opérationnelle des crues éclair. Application à de petits bassins versants du Sud de la France.* Soutenue le 21 avril 2004. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 253 p.

Estupina-Borrell V., J. Chorda et D. Dartus, (2005). Flash floods anticipation / Prévision des crues éclair. *Comptes rendus Geoscience* (ISSN : 1631-0713 2005) Vol337 - Num 13 - pp. 1109-1119.

Ferragu C., I. Tron and S. Bompays, (2010). *Pesticides et santé : état des connaissances sur les effets chroniques en 2009.* ORS Bretagne : 120.

Gómez M. J., S. Herrera, D. Solé, E. García-Calvo and A. R. Fernández-Alba, (2012). Spatio-temporal evaluation of organic contaminants and their transformation products along a river basin affected by urban, agricultural and industrial pollution. *Science of The Total Environment*, 420(0) : 134-145.

Hellar-Kihampa H., K. De Wael, E. Lugwisha, G. Malarvannan, A. Covaci and R. Van Grieken, (2013). Spatial monitoring of organohalogen compounds in surface water and sediments of a rural-urban river basin in Tanzania. *Science of The Total Environment*, 447 : 186-197.

Ledrans M., (2006). L'épidémiologie en santé environnementale : un cadre méthodologique aux applications multiples étroitement lié à celui de l'évaluation des risques sanitaires. *Annales des Mines - Responsabilité & Environnement*, 41 : 57-67.

Leroux L., J. Oszwald, B. Ngounou Ngatcha, D. Sebag, M.-J. Penven and E. Servat, (2013). Le bassin versant du Mayo-Tsanaga (Nord Cameroun) : un bassin versant expérimental pour une compréhension des relations Homme/Milieu. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 202 : 42-54.

Li Y. F. and R. W. Macdonald, (2005). Sources and pathways of selected organochlorine pesticides to the Arctic and the effect of pathway divergence on HCH trends in biota : a review. *Science of The Total Environment*, 342(1-3) : 87-106.

Liéno G., G. Mahé, J.-E. Paturol, E. Servat, G. E. Ekodeck and F. Tchoua, (2009). Variabilité climatique et transport de matières en suspension sur le bassin de Mayo-Tsanaga (Extrême-Nord Cameroun). *Sécheresse*, 20(1) : 139-144.

Macary F., M. Balestrat, C. Puech and F. Saudubray, (2007). Méthode d'estimation d'un risque potentiel spatialisé de la contamination des eaux de surface par les intrants agricoles à différentes échelles spatiales. *SAGEO*. Clermond-Ferrand.

Macary F., S. Morin, J. L. Probst and F. Saudubray, (2014). A multi-scale method to assess pesticide contamination risks in agricultural watersheds. *Ecological Indicators*, 36 : 624-639.

Multigner L., (2005). Effets retardés des pesticides sur la santé humaine. *Environnement, Risques & Santé*, 4(3) : 187-194.

Observatoire des Résidus de Pesticides, (2016). Retrieved 07/03/2016, 2016, from <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/index.php?pageid=381>.

Pingault N., E. Pleyber, C. Champeaux, L. Guichard and B. Omon, (2009). Produits phytosanitaires et protection intégrée des cultures : l'indicateur de fréquence de traitements. *Notes et études socio-économiques*, (31) : 61-94.

Roupsard M., (2004). Production cotonnière : campagne agricole 1985-1986 (planche 18). *Atlas de la province Extrême-Nord Cameroun*. C. Seignobos and O. Iyébi-Mandjek. Paris, IRD : non paginé.

Rull R. P., R. Gunier, J. Von Behren, A. Hertz, V. Crouse, P. A. Buffler and P. Reynolds, (2009). Residential proximity to agricultural pesticide applications and childhood acute lymphoblastic leukemia. *Environmental Research*, 109(7) : 891-899.

Seiny-Boukar L., ed., J.-F. Poulain, ed. and G. Faure, ed., (1997). *Agricultures des savanes du Nord-Cameroun, vers un développement solidaire des savanes d'Afrique centrale : actes de l'atelier d'échange, 25-29 novembre 1996, Garoua, Cameroun*. Atelier d'échange agricultures des savanes du nord-Cameroun : vers un développement solidaire des savanes d'Afrique centrale, Garoua, Cameroun, CIRAD.

Shirangi A., M. Nieuwenhuijsen, D. Vienneau and C. D. A. J. Holman, (2011). Living near agricultural pesticide applications and the risk of adverse reproductive outcomes : a review of the literature. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 25(2) : 172-191.

Siber R., C. Stamm and P. Reichert, (2009). Modeling potential herbicide loss to surface waters on the Swiss plateau. *Journal of Environmental Management*, 91(1) : 290-302.

Snow S. J., (2008). John Snow : the making of a hero ? *The Lancet*, 372(9632) : 22-23.

Sorre M., (1933). Complexes pathogènes et géographie médicale. *Annales de Géographie* : 1-18.

Thiollet-Scholtus M., (2004). *Construction d'un indicateur de qualité des eaux de surface vis-à-vis des produits phytosanitaires à l'échelle du bassin versant viticole*, Institut National Polytechnique de Lorraine.

Verro R., M. Calliera, G. Maffioli, D. Auteri, S. Sala, A. Finizio and M. Vighi, (2002). GIS-Based System for Surface Water Risk Assessment of Agricultural Chemicals. 1. Methodological Approach. *Environmental Science & Technology*, 36(7) : 1532-1538.

Veyret Y., (2007). L'environnement, objet géographique ? *Responsabilité et Environnement* 48 : 19-29.

RÉSUMÉS

L'agriculture moderne s'est appuyée sur l'utilisation croissante de produits phytosanitaires. Toutefois, la contamination des milieux comme les impacts sanitaires sont aujourd'hui avérés. Le transfert de ces produits vers les eaux de surface ou souterraines pourrait conduire à l'exposition de la population générale résidant à proximité des zones agricoles. Notre objectif vise à définir une méthodologie pour caractériser l'aléa de pollution résultant tant de l'épandage direct de produits phytosanitaires que de leur transfert par ruissellement au sein d'un bassin versant. Cette méthodologie est testée sur deux zones où les précipitations intenses provoquent d'importants ruissellements, l'une en Languedoc-Roussillon et l'autre à l'extrême Nord du Cameroun. La première phase consiste à quantifier la pression phytosanitaire au niveau des communes de la zone d'étude grâce à l'Indicateur de Fréquence des Traitements (IFT). Ensuite, une analyse hydrologique, qui s'appuie sur l'adaptation de la méthode cartographique IRIP (Indicateur de l'aléa inondation par Ruissellement Intense Pluvial), permet de caractériser les zones propices à la production ou à l'accumulation du ruissellement. Enfin, l'utilisation d'un Système d'Information Géographique (SIG) permet, en recoupant l'IFT et ces zones ruisselantes, de définir différents niveaux d'aléa de pollution au sein du bassin versant. Cette étude devrait permettre d'affiner la définition de l'exposition humaine dans les analyses épidémiologiques en population générale. Cependant, l'absence de prise en compte de la propagation aérienne et souterraine de ces produits constitue une de ses principales limites. Enfin, elle pourrait être complétée par la prise en compte des transferts d'eau souterrains pour mieux évaluer la pollution au sein de l'hydrosystème.

Modern agriculture is based on the increasing use of pesticides. Environmental contamination by pesticides as well as the health impacts are now proven. The transfer of these products into surface waters or groundwater could lead to exposure of the general population living near agricultural areas. The study aims to provide a useful methodology to characterize the pollution risk resulting from the direct application of plant protection products and their transfer by runoff within a watershed. This methodology is tested on two areas where intense rainfall are causing major runoff, one in Languedoc-Roussillon (France) and the other in the extreme north of Cameroon. The first step is to quantify the pest pressure within the municipalities in the studied areas with the Treatment Frequency Index (IFT). Then in a second time a hydrological analysis, based on the adaptation of the cartographic method IRIP (Indicator of the flood hazard by Intense Pluvial runoff), allows a characterization of areas suitable for the production or accumulation of runoff. Finally, the use of a Geographic Information System (GIS) allows, by matching the IFT and the streaming areas to define different levels of pollution hazard within the watershed. This study should refine the definition of human exposure in epidemiological analyzes in the general population. However, the lack of consideration of the air and underground propagation of these products is one of its major limitations. Finally, it could be supplemented by the inclusion of underground water transfers to better assess the pollution in the river system.

INDEX

Keywords : hazard of pollution, pesticides, Geographic Information System (GIS), runoff, contamination of surface water exposure

Mots-clés : aléa de pollution, phytosanitaires, pesticides, Système d'Information Géographique (SIG), ruissellement, contamination des eaux de surface

AUTEURS

EMMANUELLE CADOT

Laboratoire Hydrosociences – UMR 5569, Montpellier, France

VALÉRIE BORRELL ESTUPINA

Institut de Recherche pour le Développement

MARINE ROUSSEAU

Université de Rouen, France

DAVID SEBAG

Université de Montpellier, France

L'approche géographique de la santé développée au Centre Muraz de 1999 à 2014 (Burkina Faso)

The geographic approach to health developed in Centre Muraz from 1999 to 2014 (Burkina Faso)

Jérémi Rouamba

Remerciements : Nous avons réalisé nos travaux géographiques en collaboration avec les chercheurs du centre Muraz et d'autres structures de recherche. Nous remercions, pour le compte du centre Muraz/IRSS : Guiguemé Tinga Robert, Méda Nicolas, Ouédraogo Jean Bosco, Tinto Halidou, Diagbouga Serge, Diallo Hama, Somda Serge, Fao Paulin, Compaoré Georges, Gouem Clarisse, Ouédraogo Abdoulaye, Hien Hervé, Baldé Thierry, Msellati Philipe, Testa Jean, Berthé Abdramane, Traoré Isidore, Dabiré Roch, Diabaté Abdoulaye, Paré Léa, Zéba Augustin, Tarnagda Zékiba, Yerbanga Serge, Salouka Souleymane, Konaté Issouf, Zabsonré Emmanuel. Pour le compte de l'IRD/CIRDES : Courtin Fabrice, Jamonneau Vincent, Solano Philipe, Bucheton Bruno, Fournet Florence, Sidibé Issa, Coulibaly Bamoro, Rayaisse Jean Baptiste, Dama Emilie, Ilboudo Hamidou, Sakandé Hassane, Sanou K. Joseph. Pour le compte du PNLTHA, Camara Mamady, Kagbadouno Moise, Traoré Ibrahima Sory, Camara Oumou, Tenkaino Daniel, Leno Mamadou. Nous remercions également Ouédraogo François de Charles, Palé Frédéric, Zoungrana T. Pierre (Université Ouaga 1 Pr Joseph Ky-Zerbo) et Compaoré Nestor (Direction régionale de l'hydraulique des Hauts Bassins). Enfin nous remercions l'Ambassade de France au Burkina Faso pour son appui technique et financier.

Introduction

- 1 La relation entre l'environnement et la santé a toujours été l'objet d'études et de recherches. Cette relation bien que complexe semble évidente en ce sens que les éléments du système pathogène de chaque maladie évoluent dans l'environnement qui leur est propre. Le monde tropical, marqué par une insalubrité permanente accentuant les relations environnement-société-santé, présente les conditions propices au développement de pathologies diverses. On y trouve une grande variété d'insectes

(moustique, simule, mouche tsé-tsé, etc., Société de Pathologie Exotique, 2008). Les géographes se sont donc très tôt intéressés à la santé des populations, en la considérant comme une résultante des relations entre l'homme et le milieu naturel. Les grandes endémies du monde tropical telles que le paludisme (Amat-Roze, 1982), le VIH/SIDA (Amat-Roze, 2003), la fièvre jaune (Rémy, 1988), la dengue (Tran, 2004), la schistosomiase (Doumenge *et al.*, 1982 ; Handschumacher *et al.*, 1992), l'onchocercose (Marchal, 1978 ; Paris, 1982), la maladie du sommeil (Hervouët et Laveissière, 1987 ; Courtin *et al.* 2010 ; Rouamba *et al.*, 2009), le choléra (Roquet *et al.*, 1998), ont fait l'objet d'études et de recherches par les géographes. Au fil du temps, la démarche géographique de la santé a abouti à la création d'une sous-discipline de la géographie, la géographie de la santé, restée longtemps méconnue. Si au départ elle a suscité en géographie et de la part des autres disciplines, incompréhension et scepticisme, au fil des années et avec le développement des concepts de complexe et de système pathogène, la discipline a fini par s'imposer et conférer à ses défenseurs, une certaine légitimité dans le monde de la recherche géographique et médicale (Picheral & Salem, 1992). La démarche géographique de la santé consiste à déterminer les éléments du complexe pathogène qui peuvent expliquer la propagation de la maladie (Doumenge *et al.*, 1982), ce qui la diffère des autres disciplines qui interviennent dans le domaine de la santé.

- 2 En Afrique, les premières études francophones en santé intégrant l'approche géographique ont été menées sous l'égide de structures de recherches françaises telles que l'Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer (ORSTOM), devenu Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et le Centre d'Etudes de Géographie Tropicale (CEGET) du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).
- 3 Au Burkina Faso, jusqu'à la fin des années 1990, les études et les enseignements en géographie de la santé étaient peu nombreux. En réalité cette sous-discipline de la géographie est restée longtemps méconnue aussi bien des professionnels de la santé que du grand public. Le géographe étant vu exclusivement comme un enseignant du cours d'histoire-géographie dans les lycées et collèges. Peu de structures percevaient l'importance et la pertinence d'intégrer l'approche géographique dans les questions de recherche en santé et jusqu'à présent il n'existe pas au Burkina Faso, de poste de géographe de la santé dans la nomenclature des emplois du Ministère de la santé.
- 4 Le centre Muraz, une institution publique de recherche bio médicale créée en 1939, fut donc l'une des premières structures publiques de recherche à intégrer l'approche géographique dans ses thématiques de recherche. De sa création jusqu'en 1999 (dénommé Service Général Autonome de la Maladie du Sommeil (SGAMS), puis Centre Muraz à partir de 1956), le centre était membre de l'Organisation de Coopération et de Coordination pour la lutte contre les Grandes Endémies (OCCGE). A partir de 2000, il est devenu un Etablissement Public de l'Etat (EPE) rattaché au Ministère de la santé du Burkina Faso et fonctionne suivant trois principaux axes : la recherche, la formation et l'expertise. La recherche s'articule autour de plusieurs thématiques : paludisme, VIH/SIDA, santé de la reproduction, maladies à potentiel épidémique, maladies non transmissibles au niveau du Burkina Faso. Le centre Muraz se compose d'une solide équipe pluridisciplinaire (médecins, pharmaciens, biologistes, géographe de la santé, sociologues, économistes de la santé, statisticiens, spécialistes de système de santé, épidémiologistes, démographes, etc.) travaillant sur des thématiques variées à différentes échelles (locale, régionale et nationale). On note également l'existence de

nombreux partenariats dans le domaine de la recherche et de la formation tant au niveau national qu'international. Le centre Muraz est une référence en matière de recherche biomédicale en Afrique de l'Ouest.

- 5 La nécessité d'une approche géographique résidait dans le fait que le centre disposait d'importantes quantités de données (sanitaires, démographiques, socio-économiques) collectées dans le cadre des projets de recherche, mais elles étaient éparses et non géoréférencées. De plus, le volet environnemental n'était pas suffisamment pris en compte dans les différentes études, de même pour les analyses spatiales issues des croisements des différentes données. D'où la nécessité du recours à un géographe de la santé qui a des compétences en Système d'Information Géographique (SIG). Le SIG offre la possibilité de traiter une quantité importante d'informations spatialisées, de les croiser, et donc de mettre rapidement en évidence des corrélations spatiales auparavant longues et difficiles à montrer. Le croisement de données spatialisées multifactorielles, rendu possible par le développement des SIG, a permis une meilleure compréhension des discontinuités spatiales des maladies en relation avec les facteurs environnementaux et les systèmes de soins (Tanser, 2002).
- 6 Bien que ces outils aident le géographe dans sa démarche, l'approche géographique de la santé ne saurait se résumer à la production de cartes (Menard 2003). En effet, la géographie possède une épistémologie, une connaissance des populations et des milieux, une philosophie de l'espace qui, si elles diffèrent en fonction des universités et des pays, garde en commun l'étude des territoires que l'homme exploite et administre de façon variable. C'est d'ailleurs pour ces raisons que les questions posées par les géographes, et les hypothèses proposées à ces questionnements, diffèrent de celles des autres disciplines. Parmi ces questionnements, les plus géographiques de tous : « Où ? pourquoi là et pas ailleurs ? ». Dans le domaine de la santé, les réponses à ces questions constituent une précieuse contribution à la lutte contre les pathologies et une aide à la prise de décision.
- 7 L'approche géographique de la santé au centre Muraz avait donc pour objectif général d'analyser les interrelations et les inégalités socio-spatiales en relation avec les pathologies étudiées. Spécifiquement il s'agissait de :
 - caractériser l'espace par l'identification des facteurs géographiques favorisant la transmission, de diffusion et de propagation des maladies,
 - analyser les composantes de l'espace,
 - révéler les associations potentielles ou réelles de ces facteurs en lien avec l'environnement dans lequel ils évoluent,
 - appliquer le Système d'Information Géographique à la santé publique.
- 8 L'hypothèse qui sous-tend cette approche géographique réside dans le fait qu'une meilleure connaissance de l'espace dans lequel se développent les éléments des systèmes pathogènes des maladies constitue une aide à la prise de décision dans le domaine de la santé publique.
- 9 Ce papier se veut être un retour d'expérience de l'auteur relatif aux quinze dernières années passées au centre Muraz de Bobo-Dioulasso. Période au cours de laquelle il a participé à différents travaux de recherche sur des pathologies diverses en collaboration avec les chercheurs du centre Muraz, mais aussi avec ceux des structures externes comme l'Institut de Recherche en Science de la Santé (IRSS), l'IRD/CIRDES et le Programme National de Lutte contre la Trypanosomiase Humaine Africaine

(PNLTHA) de Guinée. La démarche méthodologique suivie est celle couramment utilisée en géographie de la santé.

Matériel et Méthodes

Localisation et présentation de la zone d'étude

- 10 Les études ont essentiellement concerné deux zones géographiques (**figure 1**) :
- 11 - Le Burkina Faso, situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest avec une superficie de 274000 km². La population est estimée à 14 millions d'habitants selon le dernier recensement général de la population en 2006 (INSD, 2008). Le pays est divisé en trois zones géo-climatiques : la zone soudanienne (900 à 1000 mm de pluie par an), la zone soudano-sahélienne (600 à 900 mm de pluie par an) et la zone sahélienne (moins de 600 mm de pluie par an). La situation géographique du pays et ses conditions climatiques en font un espace de prédilection de pathologies diverses et variées dont les plus fréquentes sont le paludisme, la méningite, la fièvre jaune, les affections respiratoires, le VIH/SIDA. Les échelles d'étude vont du territoire national à la cour familiale, du milieu urbain au milieu rural couvrant plusieurs régions du territoire national (Hauts Bassins, Boucle du Mouhoun, Sud-ouest, Est et Nord). Les pathologies étudiées sont le paludisme, le VIH/SIDA, la Trypanosomiase Humaine Africaine (THA), la méningite, la fièvre jaune, la leishmaniose, les traumatismes liés aux accidents de la voie publique. Dans ce papier nous mettrons l'accent sur les trois premières pathologies citées.
- 12 - La république de Guinée, située aussi en Afrique de l'Ouest et présentant des conditions géo-climatiques totalement différentes du Burkina Faso. Les études ont été menées dans la préfecture de Boffa en Guinée maritime, zone géographique appelée « Les Rivières du Sud », qui s'étend de la Gambie à la Sierra Leone. Couvrant une superficie de 734 km², la zone d'étude (Longitudes Latitudes Nord 9.97071 et 10.29122, West 13.85276 et 14.256860) est située à 150 km au nord-ouest de Conakry, limitée au nord par la route de Boffa-Conakry-Boké, à l'est par la voie de Kaonso-Dabonfougoué, à l'ouest par l'intersection entre la route de Boké et le canal de Dangara et au sud par l'océan Atlantique. Deux caractéristiques principales marquent le milieu physique : le continent caractérisé par une savane à *Elaeis guineensis*, et des îles généralement couvertes de mangrove (espèces *Avicennia* et *Rhizophora*). Cette région connaît une importante dynamique de population à cause de sa richesse écologique favorable aux activités comme la pêche, l'agriculture, l'extraction du sel, etc. Notre site d'étude qui comprend une centaine de localités, est donc un creuset ethnique, composé de personnes venant de différentes régions de Guinée et des pays frontaliers. Les études ont exclusivement concerné la trypanosomiase humaine africaine.

Figure 1 : Présentation des zones d'étude



Le Burkina Faso et la Guinée Conakry (Afrique de l'Ouest) : deux zones d'étude aux conditions climatiques et écologiques différentes mais durement touchées par des pathologies tropicales. Les points rouges représentent les sites d'étude.

Procédés d'investigation géographique

- 13 Les travaux géographiques ont été réalisés suivant deux approches : une approche globale intégrant le volet géographique depuis la rédaction du protocole de recherche jusqu'à l'analyse des données en passant par la mise en œuvre de l'étude sur le terrain. La seconde méthode se résume à un appui cartographique par la production de cartes à partir des données déjà collectées. Dans ce cas de figure, le chercheur porteur de projet sollicite des cartes, généralement en fin de projet, pour son rapport final. La difficulté dans une telle approche réside dans le fait que le plus souvent les données ne disposent pas de références spatiales indispensables pour la réalisation de cartes. De façon générale, le travail de terrain et le Système d'Information Géographique ont été au cœur de la démarche géographique en santé qui s'articule autour des plusieurs étapes.

La recherche documentaire et de fonds cartographiques

- 14 La recherche documentaire a pour but de disposer d'informations sur l'épidémiologie des pathologies étudiées (manifestations, modes de transmission), les caractéristiques des zones d'études (milieux physique et humain). Des données anciennes (archives sur les pathologies, rapports d'activités, cartes, récits de voyages, etc.) ont été recherchées afin de mieux comprendre l'évolution des maladies dans le temps et dans l'espace et aussi pour mieux expliquer les corrélations observées. Pour les besoins de la cartographie, des fonds de cartes (couches vectorielles, images satellites, photographies

aériennes, cartes topographiques) ont été obtenus auprès des structures spécialisées, telles que les Instituts Géographiques du Burkina (IGB) et de France (IGN), l'IRD, les services de l'urbanisme et du cadastre. Des fonds de carte et des images satellites ont été également récupérés sur Internet en libre accès. Dans le cas des études à l'échelle fine (cartes de villages), pour lesquels il n'existe pas de fonds cartographiques détaillés, nous avons réalisé nous-mêmes les fonds de cartes sur le terrain à l'aide de GPS (Global Positioning System) de type Garmin.

La sensibilisation des populations

- 15 En fonction des échelles d'étude, les autorités administratives au niveau national, régional (gouverneurs, hauts commissaires) et local (préfets, chefs de village), sont contactées afin d'expliquer l'objectif des études et obtenir l'accord des populations à participer aux enquêtes et aux prospections médicales. Cette phase d'une durée variable (une à deux semaines) précède toujours l'enquête de terrain.

Données collectées sur le terrain

- 16 Les enquêtes de terrain ont généralement mobilisé des équipes pluridisciplinaires (géographes, médecins, épidémiologistes, entomologistes, cartographes) aidées par des enquêteurs et des superviseurs. Ces enquêtes ont permis de mieux appréhender la géographie humaine et physique des zones d'étude, dans le but d'identifier les zones écologiques favorables à telles ou telles activités humaines et la distribution des hommes et leurs pratiques spatiales. Au cours des différentes sorties de terrain, plusieurs enquêtes ont été réalisées afin de recueillir des données géographiques, entomologiques, socio-économiques et sanitaires (**Photo 1**).

Photo 1 : Le terrain, une étape indispensable pour l'approche géographique de la santé



A- Piste inondée par la marée empruntée par les enquêteurs lors d'une mission de dénombrement en Guinée maritime, 2009. B- Séance de sensibilisation des chefs de famille à Yangoya, île Kito, Guinée maritime, 2010. C- Administration de questionnaire ménage dans le village de Mampaya, Guinée maritime, 2009. D- : Recensement de la population lors de la prospection médicale sur la maladie du sommeil dans le village de Kassakongo (Dédougou) Ouest du Burkina Faso, 2008.

Le recensement géoréférencé de l'habitat et de la population

- 17 Le géoréférencement de l'habitat et de la population s'est fait dans la plupart des cas simultanément avec la numérotation des cours familiales (concessions) réalisée avec de la peinture à l'huile en raison de l'état des murs des maisons, en banco pour la plupart. Chaque maison dont les habitants sont recensés fait l'objet d'une prise de coordonnées géographiques à l'aide du GPS. Les informations collectées lors du recensement concernent le nom, l'âge, le sexe, le statut familial, etc. de chaque résident. Ce travail de terrain a pour but de disposer de données exhaustives et fiables sur la population de la zone d'étude.
- 18 Durant la phase de recensement, une fiche de présentation générale de chaque localité étudiée est établie. Cette fiche renseigne sur les paysages, la végétation, les types de retenues d'eau et leur localisation, les types d'habitat et les voies de communication (routes, pistes, chenaux de mangrove) tracées à l'aide du GPS. Ce travail de cartographie complémentaire a servi à actualiser la carte de la zone d'étude.

Le questionnaire géographique

- 19 Il vient en complément de la fiche de recensement et permet de recueillir des informations sur les pratiques spatiales des populations (activités, points d'approvisionnement en eau selon les saisons, déplacements, routes et pistes empruntés, débarcadères fréquentés et chenaux empruntés). Pour le cas spécifique de la maladie du sommeil, les différents marchés fréquentés par les populations, ainsi que

les jours où se tiennent ces marchés, ont été identifiés afin de mieux programmer les prospections médicales en fonction de la mobilité des villageois.

La collecte de données sanitaires

- 20 Les données sur la morbidité et la mortalité liées aux maladies ont été obtenues auprès des structures sanitaires des zones d'étude qui disposent de statistiques globales. Pour plus de détails et d'exhaustivité, il a été souvent procédé au dépouillement des registres de consultations des populations au niveau des formations sanitaires. Pour le cas particulier de la maladie du sommeil au Burkina et en Guinée où les cas dépistés passivement sont rares, des prospections médicales ont été organisées pour le dépistage de nouveaux malades.

Les outils de collecte des données

- 21 Les prises de coordonnées géographiques ont été faite à l'aide du GPS de type Garmin (Garmin 2 plus, Etrex, Etrex vista, Map 60). Les questionnaires et les fiches d'enquête ont été administrés sur du papier et parfois sur des tablettes avec les questionnaires incorporés. En cas d'utilisation de tablettes, les données d'enquête ont été sauvegardées quotidiennement sur un ordinateur portable.

Analyse des données et la cartographie

- 22 Toutes les coordonnées géographiques prises par GPS ont été directement transférées sur l'ordinateur central à l'aide du logiciel DNR Garmin. Les données alphanumériques issues des enquêtes de terrain ont été saisies et converties au format Dbase IV sur Excel, puis transférées sur les logiciels SIG (QGIS 2.2 et MapInfo Professional 6.5) pour la réalisation de cartes thématiques. Pour chaque étude, une base de données géoréférencées issue de la synthèse des différents questionnaires a été créée sur Excel. Cette base a servi pour les analyses spatiales et l'interprétation des résultats.

Résultats

Un important travail de cartographie à travers l'utilisation du SIG

Des bases de données géoréférencées

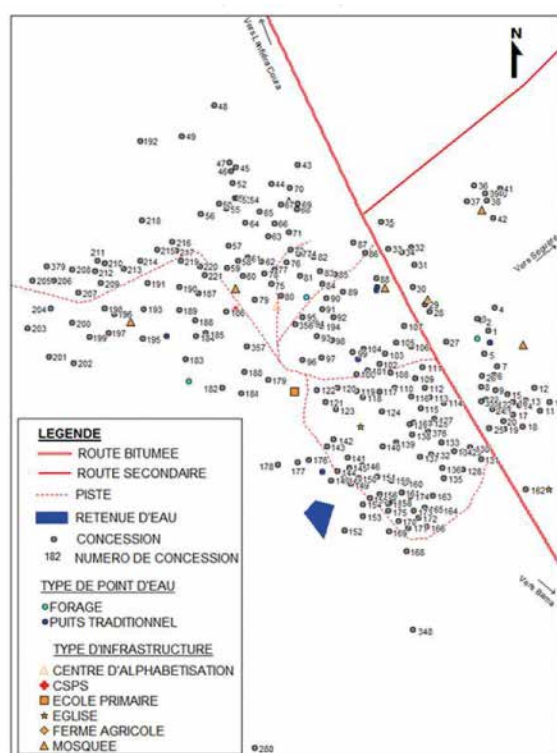
- 23 De 1999 à 2014, les travaux de terrain menés dans le cadre des activités de recherche en santé ont permis de constituer des bases de données géoréférencées en rapport avec les pathologies suivantes : le paludisme, le VIH/SIDA, la fièvre jaune, la maladie du sommeil, la méningite, la leishmaniose. La plus importante base de données sur le paludisme, créée en 1999 dans le cadre du projet « Prise en charge du paludisme à domicile », contient des informations sur 3200 cours familiales numérotées et géoréférencées, réparties dans 18 localités de la province du Houet, à l'ouest du Burkina Faso. Ces données sont relatives à la géographie (paysages, l'habitat, retenues d'eau), à l'entomologie (gîtes larvaires potentiel de moustiques), à la démographie (profils des populations, groupes ethniques), à la socio-économie (revenu des ménages, activités, etc.) et sanitaires (cas de paludisme notifié au centre de santé et à domicile, infrastructures, personnel, équipement). D'autres bases de données sur le paludisme

existent et concernent les zones de Soumouso au sud de Bobo-Dioulasso (créée en 2004 et actualisée en 2008 et 2012), et de Nanoro au nord-ouest de Ouagadougou (créée en 2009) et contiennent des données géographiques, entomologiques et sanitaires. Deux principales bases de données géoréférencées relatives au VIH/SIDA (répartition géographique des « points chauds », profil des travailleuses de sexe) concernent les villes de Bobo-Dioulasso (2004) et de Ouagadougou (2010). En ce qui concerne la maladie du sommeil, nos travaux ont permis de constituer deux bases de données géoréférencées sur la maladie : la première sur cinq localités de la région de la boucle du Mouhoun au Burkina Faso en 2008 et l'autre sur la préfecture de Boffa en Guinée, entre 2009 et 2011. Toutes ces bases ont surtout servi à la réalisation de cartes thématiques et à des analyses spatiales.

Des cartes pour étayer les résultats de la recherche

- 24 Des centaines de cartes ont été réalisées dans le cadre des différentes études. Elles peuvent être classées en trois groupes : 1) les cartes de localisation géographique pour le choix des localités d'étude ou pour la présentation de la zone d'étude. Environ 300 localités (villages, hameaux de culture, campements) dans trois régions du Burkina Faso (Hauts-Bassins, Sud-ouest, Cascades, Centre-Est), ont fait l'objet de cartographie détaillée, à l'échelle de la cour familiale (**figure 2**). Ces fonds de cartes uniques n'existent nulle part ailleurs. 2) Les cartes thématiques faisant ressortir l'analyse d'un phénomène particulier de l'étude. 3) Les cartes de synthèse obtenues par la corrélation des facteurs impliqués dans l'occurrence des maladies afin d'identifier d'éventuels liens entre les phénomènes observés.
- 25 Toute cette production cartographique a fait ressortir d'une part les inégalités spatiales qui existent dans la transmission des maladies et d'autre part la place et l'importance de l'environnement dans les questions de santé.

Figure 2 : La localité de Samandéni au nord de Bobo-Dioulasso



Carte entièrement réalisée à l'aide du GPS pour l'étude des inégalités spatiales de risque de transmission du paludisme à l'échelle du village. Projet « prise en charge du paludisme à domicile » à l'Ouest du Burkina Faso de 1999 à 2001.

Environnement et santé, un lien réel mais complexe

Le paludisme, une maladie géographique

- 26 Les travaux géographiques menés dans le cadre du projet « Prise en charge du paludisme à domicile », ont montré que la proximité des habitations par rapport aux retenues d'eau, gîtes larvaires potentiels des anophèles, est un facteur déterminant dans la transmission du paludisme. Cependant que l'on soit proche ou éloigné d'un point d'eau, l'environnement immédiat des habitations caractérisé par la présence d'éléments tels que les pneus usés, les récipients de conservation d'eau de boisson, les flaques d'eau, constituent des gîtes larvaires secondaires qui maintiennent la transmission de la maladie au-delà de la saison des pluies. À l'échelle du Burkina Faso, les recherches sur le paludisme ont mis en exergue des corrélations entre la résistance d'*Anophèles gambiae* si aux insecticides et les aires d'utilisation des pesticides pour la culture cotonnière. Dans la majorité des localités situées dans la zone cotonnière du sud-ouest du pays, les moustiques ont développé une résistance aux insecticides. Cette résistance se situe également au niveau du parasite d'où les échecs thérapeutiques à la chloroquine constatés sur toute l'étendue du pays, quelle que soit la zone de transmission palustre.

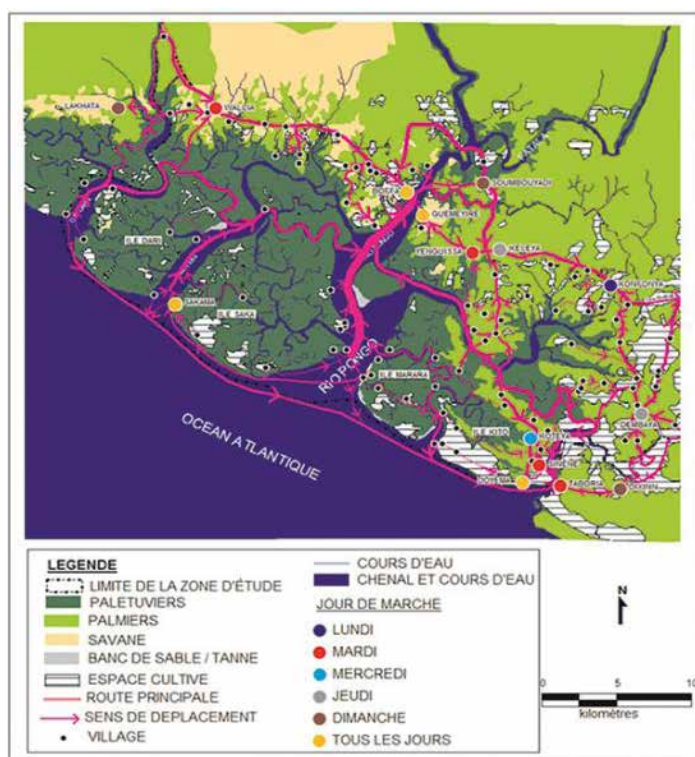
Les « points chauds » du VIH/SIDA

- 27 La connaissance des lieux de rencontre de partenaires sexuels (points chauds) constitue une aide à la prise de décision en matière de prévention du VIH/SIDA. Environ 650 sites constitués de bars, de chambres de passe, de buvettes, de restaurants, d'hôtels, ont été identifiés dans les villes de Ouagadougou, la capitale, et de Bobo-Dioulasso, la deuxième ville du pays. Dans ces lieux, on trouve toutes les catégories de filles, allant des trotteuses aux filles sur tabouret en passant par les racoleuses et les vendeuses ambulantes. A Bobo-Dioulasso, les chambres de passe se situent dans les quartiers périphériques de la ville tandis qu'elles sont localisées dans tous les quartiers de la ville de Ouagadougou. On note une concentration de travailleuses de sexe (trotteuses et racoleuses) en centre-ville dans la zone des hôtels et à proximité de l'aéroport.

La maladie du sommeil : du Sahel burkinabé à la mangrove guinéenne

- 28 Au Burkina Faso, dans la boucle du Mouhoun, limite Nord des glossines (vecteurs de la maladie du sommeil), les études géographiques, entomologiques et médicales ont confirmé l'absence de la maladie chez les hommes et sa présence chez les animaux domestiques. Les éléments de différenciation dans la transmission de la maladie entre les hommes et les animaux se trouvent dans le changement des habitudes des populations par rapport à leur mode d'approvisionnement en eau (utilisation de forage), leur mobilité (déplacements quotidiens, mouvements migratoires) et à l'action médicale coloniale (stérilisation du réservoir humain, dépistage de masse). La forte dégradation des galeries forestières (biotope des glossines), consécutive à la pression démographique sur les terres cultivables a entraîné la réduction du nombre de glossines et partant du risque de transmission de la maladie. La situation est totalement différente en Guinée maritime où la transmission de la maladie du sommeil se maintient en zone de mangrove, biotope des glossines. Les études menées dans la préfecture de Boffa ont permis d'identifier l'extrême mobilité de la population comme le facteur principal responsable du maintien de la maladie dans cet espace. Cette mobilité pour des raisons diverses (activités agricoles, cérémonies, fréquentation des marchés, pêche, commerce, etc.) expose les populations au risque de contracter la maladie d'une part et d'autre part limite leur participation aux prospections médicales sur la maladie (**figure 3**).

Figure 3 : Mobilité liée à la fréquentation des marchés à l'embouchure du Rio Pongo, Boffa



Cette carte traduit l'importance des déplacements de la population à l'embouchure du Rio Pongo (Guinée maritime) pour des raisons multiples (fréquentation des marchés, cérémonies religieuses et coutumières, activités, etc.). Cette mobilité est responsable du faible taux de participation des populations aux prospections médicales sur la maladie du sommeil.

Discussion

- 29 De nos travaux géographiques, il ressort la pertinence de l'utilisation des Systèmes d'Information Géographique dans l'analyse des questions de santé. La cartographie constitue un puissant moyen de lecture de la dynamique de transmission d'une pathologie et plusieurs travaux de géographie de la santé ont eu recours à cet outil. C'est le cas dans le foyer de THA de Bonon, où un SIG a été construit à partir d'enquêtes de terrain et de traitement d'une image satellite Landsat, puis utilisé pour analyser les corrélations spatiales entre les acteurs du système pathogène et leur environnement (Courtin *et al.*, 2005). Dans la boucle du fleuve Mouhoun au Burkina Faso, les relations entre l'environnement (galeries forestières), la présence/abondance des vecteurs et la maladie chez le bétail ont été établies à partir de l'exploitation des images satellites Landsat 7 (Guerrini *et al.*, 2008). Le SIG a également été utilisé pour cartographier la distribution probable des formes M et S d'*Anophèles gambiae* au Burkina Faso afin de contribuer à une meilleure connaissance de l'écologie des vecteurs du paludisme et de permettre la mise en place de stratégies de lutte entomologique adaptée et ciblée (Somé, 2010).
- 30 L'approche géographique a aussi permis de faire ressortir le rôle joué par les facteurs environnementaux dans le développement des maladies. Il existe un lien étroit entre environnement et santé, cependant la puissance de ce lien diffère d'une maladie à une autre. D'où la nécessité de rechercher pour chaque affection les facteurs

environnementaux et d'établir les interrelations spécifiques qui les unissent dans le système pathogène de la maladie. Pour le cas du paludisme, Amat-Roze a montré que le paludisme est à la fois lié aux modes d'occupation de l'espace et aux conditions physiques du milieu dans l'espace ivoiro-voltaïque (Amat-Roze, 1982). À partir d'enquêtes géographiques et sanitaires, il est fait constat de la disparition de la maladie du sommeil des zones de savane et de sa concentration en zones de forêt et de mangrove (Courtin et al., 2008). Les facteurs environnementaux (hydrographie, végétation, morpho-pédologie) et socio-économiques (occupation humaine, pratiques spatiales, bétail, gestion) jouent également un rôle prédominant dans la dynamique de transmission de la Trypanosomiase Animale Africaine dans la zone agro-pastorale de Sidéradougou au sud-ouest du Burkina Faso (De la Rocque, 2003). Quant au VIH/SIDA, la dimension spatiale réside dans l'identification des territoires infectés et l'étude des discontinuités spatiales des prévalences et des incidences (Amat-Roze, 2003). L'environnement constitue donc une composante majeure à prendre en compte dans la recherche en santé pour une meilleure orientation des stratégies de lutte.

Conclusion

- 31 Le rôle du géographe dans la recherche en santé n'est plus à démontrer. En effet l'approche géographique s'inscrit dans la recherche des éléments de réponse à certaines interrogations auxquelles les spécialistes des autres disciplines (médecins, entomologistes) ne sont pas en mesure de répondre, tout simplement parce que les explications ne peuvent être fournies que par une approche géographique ou sociale de la maladie. Toutefois avec l'émergence et/ou la re-émergence de certaines pathologies dans un environnement en pleine mutation, le géographe de la santé doit de plus en plus affiner ses questionnements afin de s'adapter aux nouveaux enjeux sanitaires.

BIBLIOGRAPHIE

- Amat-Roze J.M., Rémy G., (1982). Paysage épidémiologique du paludisme dans l'espace ivoiro-voltaïque, *Travaux et documents de géographie tropicale*, Table ronde : tropiques et santé, Bordeaux, pp. 97-107.
- Amat-Roze J.-M., (2003). L'infection à VIH/sida en Afrique subsaharienne, propos géographiques, *Hérodote*, 2003/4, n° 111, pp. 117-155.
- Courtin F., Jamonneau V., Oké E., Coulibaly B., Oswald Y. Dupont S., Cuny G., Doumenge J.P., Solano P., (2005). Towards understanding the presence/absence of Human African Trypanosomiasis in a focus of Côte d'Ivoire: a spatial analysis of the pathogenic system, *International Journal of Health Geographics*, 4:27, 9 p.
- Courtin F., Jamonneau V., Duvallet G., Garcia A., Coulibaly B., Doumenge J.P., Cuny G., Solano P., (2008). Sleeping sickness in West Africa 1906-2006: changes in spatial repartition and lessons from the past, *Tropical Medicine and International Health*, vol. 13, n° 3, pp. 334-344.

- Courtin F., Jamonneau V., Camara M., Camara O., Coulibaly B., Diarra A., Solano P. and Bucheton B., (2010). A geographical approach to identify sleeping sickness risk factors in a mangrove ecosystem, *Tropical Medicine and International Health*, volume 15, n° 8, pp. 881-889.
- De La Rocque S., Michel J.F., Cuisance D., De Whispeleare G., Augusseau X., Solano P., Guillobez S., Arnaud M., (2001). *Le risque trypanosomien une approche globale pour une décision locale*. Editions du CIRAD, 151 p.
- Doumenge J.-P., Cheung C., Villenave D., Guérin B., (1982). Intérêt et limite d'une cartographie des schistosomiasis humaines dans le monde. *Travaux et documents de géographie tropicale*, 48, pp. 169-176.
- Guerini L., Bord J.P., Ducheyne E., Bouyer J., (2008). Fragmentation Analysis for Prediction of Suitable Habitat for Vectors: example of Riverine Tsetse Flies, In: Burkina Faso. *Journal of Medical Entomology* 456, pp. 1180-1186.
- Handschumacher P., Dorsinville R.D., Diaw O.T., (1992). *Contraintes climatiques et aménagements hydrauliques. A propos de l'épidémie de bilharziose intestinale de Richard-Toll*. In : Climats et pathologies (Besancenot, édit.), Paris, pp. 287-295.
- Hervouët J.C., & Laveissière C., (1987). Les grandes endémies : l'espace social coupable. *Politique africaine*, pp. 1-12.
- Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD), (2008). *Recensement général de la population et de l'habitat de 2006, Résultats définitifs*, 52 p.
- Marchal J.Y., (1978). L'onchocercose et les faits de peuplement dans le bassin des Volta. *Journal des Africanistes* 48, n° 2, pp. 9-30.
- Ménard B., (2003). Questions de géographie de la santé. *L'espace géographique*, 2002/3, tome 31, pp. 264-275.
- Paris F., (1982). Système d'occupation de l'espace et onchocercose. Foyer de la Bougouriba-Volta Noire Haute-Volta. *Travaux et documents de géographie tropicale*, Table ronde : tropiques et santé, Bordeaux, pp. 259-275.
- Picheral H., & Salem G., (1992). De la géographie médicale à la géographie de la santé. *Cahier Geos*, 22, 32 p.
- Rémy G., (1988). *Paysages et milieux épidémiologiques dans l'espace ivoiro-burkinabé*, Ed. CNRS, 268 p.
- Roquet D., Diallo A., Kodio B., Daff B. M., Fenech C., Etard J. F. (1998). L'épidémie de choléra de 1995-1996 au Sénégal : un exemple de démarche de géographie de la santé, *Cahier Santé*, 8 : pp. 421-428.
- Rouamba J., Jamonneau V., Sidibé I., Solano P., Courtin F., (2009). Impact de la dynamique de peuplement sur la distribution des glossines et des trypanosomes dans la boucle du Mouhoun Burkina Faso. *Parasite*, 16, 1, pp. 11-19.
- Société de Pathologie Exotique, (2008). Bulletins, sommaires et résumés : http://www.pathexo.fr/bull_sommaire.php?L=1.
- Somé Y.S.C., (2010). *Modélisation de la distribution spatiale des formes M et S d'Anopheles gambiae sensu stricto au Burkina Faso avec les SIG et l'analyse spatiale*, thèse de Doctorat de Géographie, Université d'Orléans, 209 p
- Tanser F.C., (2002). The application of GIS technology to equitably distribute fieldworker workload in a large, rural South African health survey, *Tropical Medicine and International Health*, volume 7 n° 1, pp. 80-90.

Tran A., (2004). *Télédétection et épidémiologie : Mise au point d'indicateurs environnementaux et de modèles dynamiques pour la surveillance des maladies transmissibles. Cas de la dengue en Guyane.* Strasbourg, Université Louis Pasteur Strasbourg I, 205 p.

RÉSUMÉS

Les géographes se sont intéressés très tôt aux questions de santé et particulièrement dans la zone intertropicale où l'insalubrité étroitement liée aux conditions du milieu leur offrait matière à réflexion. L'approche géographique contribue à l'étude des variations spatiales, temporelles et sociales des pathologies. Le centre Muraz de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) a intégré cette approche depuis 1999 dans ses différentes thématiques de recherche afin de mettre en exergue le lien environnement et santé, qui n'était pas suffisamment pris en compte dans les travaux de recherche. Pour toutes les études, l'approche a consisté en une phase de recherche documentaire et de données cartographiques (archives et fonds de cartes) et une phase de terrain caractérisée par le géoréférencement de l'habitat et du peuplement et la collecte de données sociales et sanitaires. Ces données collectées ont été saisies, puis transférées et traitées avec les outils classiques de la géographie, notamment le Système d'Information Géographique, pour la réalisation de cartes thématiques. De 1999 à 2014, à partir de nombreuses bases de données géoréférencées relatives aux pathologies étudiées (paludisme, VIH/SIDA, maladie du sommeil, méningite, fièvre jaune), des centaines de cartes thématiques ont été créées. Cette cartographie a permis une meilleure lecture de la dynamique de transmission des maladies par l'étude des interrelations spatiales qui lient les composantes du système pathogène de chaque pathologie. Les résultats issus de travaux pluridisciplinaires montrent l'importance du Système d'Information Géographique et de l'environnement dans l'approche géographique de la santé dont l'objectif final est de proposer une bonne orientation géographique des efforts de lutte déployés contre les maladies.

Geographers are interested very early in issues of health and particularly in the intertropical zone where closely related to the environmental and sanitation conditions, offered material for reflection. The geographical approach contributes to the study of fluctuations in spatial, temporal and social pathologies. The Centre Muraz of Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), has incorporated this approach since 1999 in its different research themes in order to highlight the link between environment and health, which was not sufficiently taken into account in research. For all studies, the approach consisted to documentary and mapping data research (archives and maps) and field activities characterized by the georeferencing of housing and settlement, the social and health data collection. These collected data were seized, and then transferred and analyzed with the geographical tools, including the Geographic Information System, for the creation of thematic maps. From 1999 to 2014, from many databases referenced the studied diseases (malaria, HIV/AIDS, sleeping sickness, meningitis, yellow fever), hundreds of thematic maps have been created. This mapping has allowed a better reading of the transmission dynamics of diseases by the study of the spatial interrelationships that bind the components of the pathogen system of each disease. The results of multidisciplinary work show the importance of the Geographic Information System and environment in the geographic approach of health whose final objective is to propose a proper geographical orientation of control efforts against diseases.

INDEX

Mots-clés : approche géographique, Système d'Information Géographique, pathologies tropicales, vecteurs, environnement

Keywords : geographical approach, Geographical Information System, tropical diseases, vector, environment

AUTEUR

JÉRÉMI ROUAMBA

Université Ouaga 1 P. Joseph Ky-Zerbo, Burkina Faso