

Observer et comparer les points d'eau fréquentés en milieu villageois : vers une meilleure compréhension des mécanismes de transmission de la maladie de l'ulcère de Buruli au sud-est du Bénin

Alexandra Boccarossa, Sebastien Fleuret

▶ **To cite this version:**

Alexandra Boccarossa, Sebastien Fleuret. Observer et comparer les points d'eau fréquentés en milieu villageois : vers une meilleure compréhension des mécanismes de transmission de la maladie de l'ulcère de Buruli au sud-est du Bénin. Revue francophone sur la santé et les territoires, 2020, 10.4000/rfst.535 . hal-03023277

HAL Id: hal-03023277
https://hal.science/hal-03023277

Submitted on 25 Nov 2020

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

TITRE DE L'ARTICLE : OBSERVER ET COMPARER LES POINTS D'EAU FRÉQUENTÉS EN MILIEU VILLAGEOIS : VERS UNE MEILLEURE COMPRÉHENSION DES MÉCANISMES DE TRANSMISSION DE LA MALADIE DE L'ULCÈRE DE BURULI AU SUD-EST DU BÉNIN.

Alexandra Boccarossa
Docteure en géographie, CNRS UMR ESO 6590, Université d'Angers
alexandra.boccarossa@univ-angers.fr

Sébastien Fleuret
Directeur de Recherches en géographie, CNRS UMR ESO 6590, Université d'Angers
sebastien.fleuret@univ-angers.fr

RÉSUMÉ : L'ulcère de Buruli est l'une des 17 maladies tropicales négligées dans le monde. Elle est causée par la bactérie Mycobacterium ulcerans et se manifeste par des lésions cutanées nécrosantes pouvant atteindre l'os. Les zones rurales de l'Afrique occidentale et centrale ayant peu ou pas accès à des infrastructures d'assainissement et d'eau potable sont encore aujourd'hui les régions les plus touchées par la maladie. Le diagnostic précoce associé à un traitement antibiotique et à une prise en charge adaptée des plaies permettent aujourd'hui de contrôler l'infection et d'éviter des séquelles permanentes telles que des amputations ou des rétractions invalidantes d'un ou plusieurs membres. Mais, cette prise en charge des malades est souvent difficile dans les zones endémiques où sévit la maladie. Par conséquent, il importe d'élaborer des stratégies de prévention adaptées et efficaces. Celles-ci passent par la caractérisation de l'environnement aquatique dans lequel M. ulcerans a tendance à se développer. À ce jour, seules les eaux libres de surface stagnantes ou qui s'écoulent lentement ont été identifiées comme un environnement aquatique favorable au développement et à la reproduction de la bactérie. Dès lors, nous proposons un travail d'observation et de caractérisation des points d'eau naturels utilisés par les villageois pour des usages domestiques, récréatifs ou professionnels. Cette étude propose d'étudier l'effet de différentes sources d'eau non-protégées sur l'incidence de l'ulcère de Buruli dans deux départements situés au sud-est du Bénin.

MOTS CLÉS : ulcère de Buruli, maladie tropicale négligée, pratiques socio-spatiales, sources d'eau non-protégées, Bénin

INTRODUCTION

Peu connu du grand public, l'ulcère de Buruli (UB) est la troisième mycobactériose la plus courante au monde après la tuberculose et la lèpre. Il s'agit d'une maladie tropicale négligée causée par la bactérie *Mycobacterium ulcerans* (*M. ulcerans*) présente dans un environnement aquatique ou humide. L'infection entraîne des lésions étendues de la peau et des incapacités fonctionnelles graves si les plaies ne sont pas traitées à temps (Johnson et *al.,* 2005). Cette maladie « mangeuse de chair » est signalée dans 33 pays de régions tropicales et subtropicales en Asie, en Afrique et Océanie et en Amérique du Sud (WHO, 2006 et 2008). La majorité des cas confirmés en Afrique sont situés autour du Golfe de Guinée, au Bénin, en Côte d'Ivoire, au Nigéria, au Ghana ou encore au Togo et en Sierra Leone (Aiga et *al.,* 2004 ; Zingue et *al.,* 2018). En 2017, 2209 cas ont été confirmés dans le monde mettant en évidence une tendance à une baisse progressive et inexpliquée de l'incidence depuis 2011 (WHO, 2019). Malgré sa découverte il y a plus d'un siècle et son émergence ou ré-émergence depuis les années 1980, l'identification précise des écosystèmes aquatiques dans lesquels la bactérie *M. ulcerans* se développe et prolifère reste à établir. Au stade de la recherche actuelle, les modalités exactes de sa transmission en conditions naturelles ne sont

pas non plus encore clairement établies ce qui lui vaut d'ailleurs le qualificatif de maladie « mystérieuse ».

Des études en écologie ont montré qu'une inoculation de la bactérie *M. ulcerans* dans le tissu cutané est nécessaire pour développer la maladie (Wallace et *al.,* 2017 ; Williamson et *al.,* 2014). De fortes suspicions sont émises sur des insectes aquatiques piqueurs, notamment les punaises d'eau, qui se dissimulent dans la végétation aquatique pour y capturer leurs proies (poissons, batraciens, mollusques, larves d'insectes…). La bactérie *M. ulcerans* a été détectée dans les glandes salivaires de ces insectes et la transmission expérimentale à des souris a été démontrée en laboratoire (Marsollier et *al.,* 2007 ; Marion et *al.,* 2010 et 2014).

Cette faune aquatique a tendance à se développer et à se reproduire aux abords de cours d'eau à faible débit ou de plans d'eau calme, obstrués par des plantes aquatiques dont la jacinthe d'eau. D'origine latino-américaine (Binggeli, 2003), c'est une plante prolifique au Bénin où elle a été signalée dès 1982 (Leite et *al.,* 2003) dans les Fleuves So et Ouémé et dans le lac Nokoue (Dagno et *al.,* 2007). Dans la littérature scientifique, la propagation rapide de la jacinthe d'eau est responsable de perturbations écologiques et économiques et la cause de problèmes de santé publique (Center et *al.,* 2005 ; Ghabbour et *al.,* 2004). Si peu d'études relient directement l'expansion de la jacinthe d'eau à l'ulcère de Buruli (Michel et *al.,* 2011), des souches de *M. ulcerans* ont été détectées dans des insectes et des mollusques prélevés au niveau des racines de plantes aquatiques (dont les jacinthes d'eau) au sud-est du Bénin (Portaels et *al.,* 1999, 2001 ; Kotlowski et *al.,* 2004) mais aussi dans les tiges et les feuilles de ces dernières. Ainsi, les plantes aquatiques qui prolifèrent dans la vallée du Ouémé, région endémique au Bénin, sont considérées comme un réservoir possible de *M. ulcerans* (Marsollier et *al.,* 2004).

Dans les différents pays où l'ulcère de Buruli est endémique, les enfants âgés entre cinq et quinze ans constituent la majorité des patients (Yotsu et *al.,* 2015). Une description épidémiologique complète au sud-est du Bénin confirme que plus de la moitié des effectifs de nouveaux cas sont des enfants mais distingue un sex-ratio qui varie beaucoup avec l'âge (Vincent et *al.,* 2014). Les patients masculins représentent 57 % des patients âgés de quinze ans et moins mais seulement 33 % des plus de quinze ans (ibid). À l'âge adulte, les femmes sont donc plus touchées par la maladie que les hommes.

Une autre caractéristique épidémiologique clé de cette maladie est la répartition des cas dans des zones géographiques très bien délimitées (Osei et *al.,* 2015). Dans le bassin du Fleuve Ouémé au sud-est du Bénin, 6000 cas d'ulcère de Buruli ont été enregistrés entre 2006 et 2015. Des études de cohorte et de cas-témoins ont aussi montré que la maladie survient dans des régions rurales reculées (Aiga et *al.,* 2004 ; Debacker et *al.,* 2005) et généralement situées à proximité d'une plaine humide à faible altitude, inondable ou irriguée (Zingue et *al.,* 2018 ; Kenu et *al.,* 2014) que l'on peut aussi désigner par l'appellation générique de « bas-fonds ». Des problèmes de santé (paludisme, fièvres, démangeaisons) sont par ailleurs régulièrement enregistrés auprès des populations qui ont l'habitude de fréquenter ces terres humides et fertiles, pour la production de riz ou encore le maraîchage (Gibigayé, 2013 ; Lebel, 2003). Dans ce sens, la seule stratégie mise en avant dans les recherches scientifiques pour réduire l'incidence de l'ulcère de Buruli est le port de vêtements de protection (pantalon/chemises longues) pendant les activités agricoles (Zingue et *al.,* 2018).

Des études au Ghana et au Cameroun ont aussi démontré que l'incidence de la maladie est influencée par des facteurs climatiques saisonniers (Garchitorena et *al.,* 2015 ; Amofah et *al.,* 1993). À savoir que les effectifs de nouveaux cas s'élèvent au cours des saisons qui enregistrent les niveaux de précipitations les plus élevés (ibid.). Enfin, une étude récente menée au sud-est du Bénin associe la diminution du nombre de nouveaux cas d'ulcère de Buruli avec l'installation continue d'ouvrages hydrauliques, considérés comme des points d'eau protégés[1] (Degnonvi et *al.,* 2019).

[1] Les ouvrages hydrauliques (puits et forages) ont été installés pour atteindre en profondeur les eaux souterraines. De par la nature de leur construction, qui protège l'eau de contaminations extérieures, ils sont associés à des points d'eau protégés.

D'autres recherches soulignent aussi l'influence de l'urbanisation sur le faible risque d'être infecté par *M. ulcerans* (Wagner et *al.,* 2008) car les agglomérations sont mieux équipées en ouvrages hydrauliques que les communautés villageoises.

Dans ce contexte, le contact étroit de l'homme à un point d'eau non-protégé, à faible débit ou stagnant, obstrué par des plantes aquatiques abritant une faune aquatique est le principal facteur de risque d'exposition à la bactérie *M. ulcerans* identifié à ce jour bien que les mécanismes en conditions naturelles soient encore mal connus et que des zones d'ombre persistent autour de l'identification de facteurs de protection plausibles pour éviter les contaminations. Etonnamment, aucune étude en épidémiologie ou en écologie n'a été réalisée pour identifier et comparer les caractéristiques hydro-géographiques des points d'eau naturels fréquentés par les villageois, les pratiques et les comportements de la population locale avec l'eau. Pourtant, des indices laissent supposer l'existence de points d'eau plus exposés que d'autres à la bactérie, du fait d'agencements différents ou d'éléments naturels susceptibles d'influencer directement ou indirectement la contamination des individus, ou encore des variations dans les modalités d'usage de ces ressources en eau. Pour notre équipe[2], cela suggère l'intervention d'autres facteurs explicatifs que la meilleure couverture d'un territoire en équipements hydrauliques, pour expliquer cette baisse progressive de l'incidence.

Le principal objectif de notre étude est d'étudier la relation entre la fréquentation de différents points d'eau naturels non-protégés et l'incidence de la maladie dans une zone définie. Il s'agit de déterminer si certains modes de gestion villageois de l'eau pourraient servir de base à un contrôle plus efficace de la maladie. Avant de présenter les résultats de cette étude, nous exposerons les raisons pour lesquelles une région précise au sud-est du Bénin a été choisie comme zone d'étude ainsi que les méthodes d'enquêtes adoptées.

[2] Les résultats de cette recherche s'insèrent dans le programme de recherche GeANT initié en 2018 pour identifier de nouveaux indices sur les facteur(s) environnemental (aux) et anthropique(s) impliqués dans la variation de l'incidence de l'ulcère de Buruli au sud-est du Bénin.

LE SUD-EST DU BÉNIN : « ESPACE LABORATOIRE » POUR QUESTIONNER LES VARIATIONS DE L'INCIDENCE DE LA MALADIE

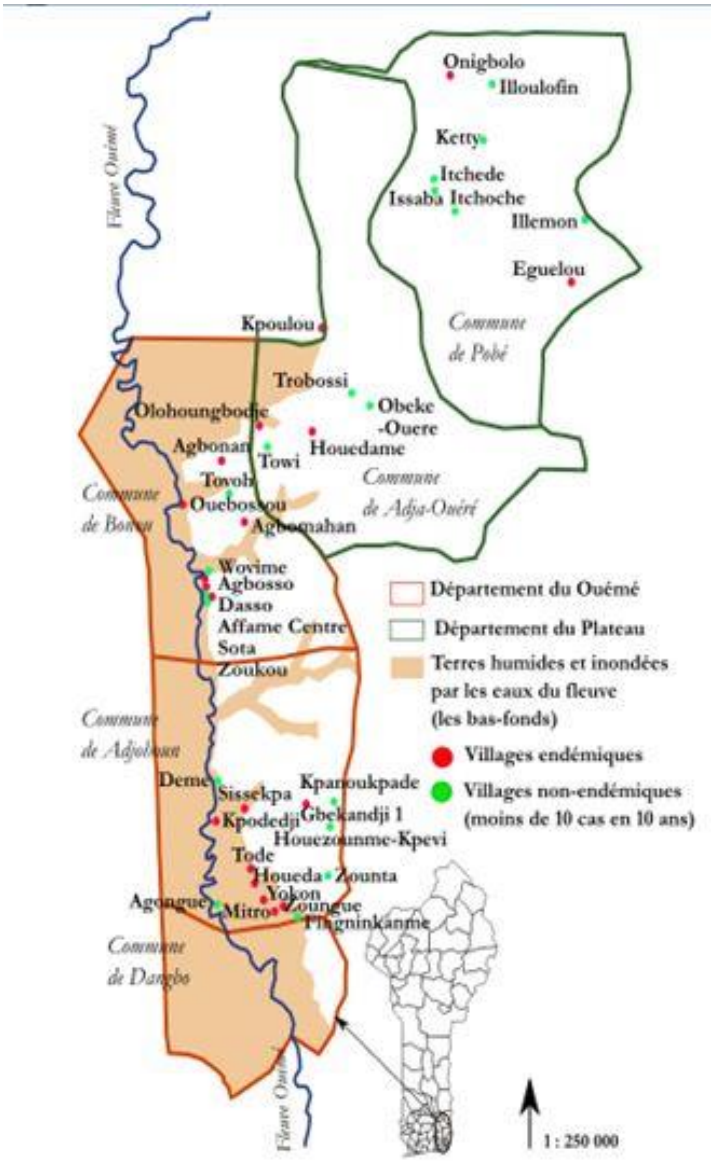
Le choix de mener nos travaux de recherche au sud-est du Bénin a tout d'abord été justifié par l'endémicité importante de cette zone géographique. Cela explique l'installation du Centre de Détection et de Traitement de l'Ulcère de Buruli (CDTUB)[3] dans la ville de Pobé en 2004. Spécialisé dans le traitement des plaies, l'objectif de cet hôpital est de renforcer le dépistage précoce des ulcères cutanés massifs dans les villages les plus reculés tout en améliorant le diagnostic clinique et la prise en charge thérapeutique des patients avec ou sans chirurgie. Le CDTUB de Pobé couvre deux zones distinctes au sud-est du Bénin, la zone du Plateau et la zone de l'Ouémé (figure 1). Depuis le lancement des missions du CDTUB de Pobé, l'équipe ATOMyca labélisée Inserm ATIP/Avenir basée à Angers y collabore ainsi que, plus récemment, l'équipe CNRS UMR 6590 ESO. Ce partage d'expériences et de connaissances nous a permis de nous appuyer sur une importante cohorte de patients « UB » confirmés par des tests PCR[4] entre 2006 et 2018 (N=1650). La mise à disposition d'indicateurs clés, à savoir l'âge et le sexe des patients ou encore le dénombrement des cas par année dans près de 210 villages couvrant les cinq communes de la zone d'étude (Pobé, Adja-Ouéré, Bonou, Adhohoun et Dangbo), explique en grande partie pourquoi nos travaux d'investigation ont été entrepris autour du CDTUB de Pobé. Nous savions par exemple que la plupart des villages accolés au lit principal du fleuve Ouémé étaient étonnamment peu confrontés à cette maladie comparativement à ceux situés sur les marges de la plaine inondable et des vallées. Nous avions aussi identifié des villages endémiques et d'autres totalement exempts d'ulcère de Buruli alors que les distances qui les séparent

[3] En plus du CDTUB de Pobé, il existe au Bénin trois autres hôpitaux spécialisés dans la prise en charge et le traitement de l'ulcère de Buruli, le centre d'Allada, de Lalo et de Zagnanado.

[4] L'amplification génétique (PCR) fait partie des analyses menées en laboratoire qui permettent de confirmer le diagnostic clinique et donc de savoir si un patient est réellement atteint ou non par un ulcère de Buruli.

sont parfois minimes (de l'ordre de quelques kilomètres). Ou encore qu'en un même village, certains groupes de personnes contractent cette infection et d'autres non.

Figure 1 : Localisation des sites d'études *(Source : Surveillance épidémiologique CDTUB Pobé, 2006-2018, Réalisation : Boccarossa A., 2020).*



Au total, 37 villages (figure 1) ont fait l'objet d'une enquête approfondie sur une période de six mois allant d'avril à juillet 2019 (début de la saison des pluies) puis de septembre à décembre de la même année (correspondant à la crue et à la décrue du fleuve Ouémé). Sélectionnés à partir des données de la surveillance épidémiologique (2006-2018) du CDTUB de Pobé, les villages enquêtés sont aussi représentatifs de la diversité des environnements aquatiques que l'on peut rencontrer dans la zone de l'Ouémé et du Plateau.

Huit sites d'études ont été choisis dans la commune de Pobé dans la zone du Plateau (figure 1). Les plantations de palmiers à l'huile quadrillent son paysage. Eloignés du fleuve Ouémé et de ses principaux affluents, les sols de ces villages sont à faible percolation : *« Après de grandes pluies, l'eau stagne. Les enfants s'amusent dans cette eau, vont chercher du poisson et se baignent un peu partout »* (Selon une femme du village de Issaba, 2019). Dans de nombreuses localités de cette commune, l'approvisionnement en eau se fait à des forages ou à des puits

pendant la saison sèche. Mais il n'est pas rare que ces pratiques soient transférées pendant la saison pluvieuse à des points d'eau naturels gratuits, des mares semi-permanentes ou des trous d'eau. Ces points d'eau non-protégés et stagnants ont été creusés artificiellement par l'homme pour la construction d'habitations ou d'infrastructures pour la communauté. De tailles très différentes, la quantité d'eau disponible y est souvent le résultat d'épisodes orageux rapprochés. Ce contexte peut notamment expliquer que les villages du Plateau détiennent les taux d'accès à des ouvrages hydrauliques (forages et puits) les plus élevés de la zone d'étude et une endémicité stable depuis une décennie (effectif de nouveaux cas beaucoup plus petit que dans la zone de l'Ouémé). À l'échelle de la commune de Pobé, deux villages (sur quarante-quatre au total) sont endémiques. Ce sont les villages de Eguelou et d'Onigbolo avec respectivement seize et vingt et un cas d'ulcère de Buruli enregistrés entre 2006-2018 au CDTUB de Pobé (figure 1).

Quatorze sites d'étude ont été choisis dans la partie nord de la zone de l'Ouémé et quinze dans la partie sud. Contrairement au Plateau, la zone de l'Ouémé est caractérisée par une large plaine inondable avec un système hydrographique complexe et des petites vallées encaissées lorsqu'on s'éloigne du fleuve (figure 1). Les villages utilisent aussi une plus grande diversité de points d'eau naturels non-protégés pour s'approvisionner en eau. En dehors des mares et des trous d'eau semi-permanents, l'eau du fleuve est utilisée par les villageois qui se sont installés le long de ses rives (le village d'Agongue ou de Deme, figure 1). On retrouve également les rivières et les ruisseaux qui relient le fleuve par différents bras mais aussi les sources situées en tête de nombreux bassins-versants qui sillonnent sur une pente extrêmement faible des terres humides et fertiles (les bas-fonds) où les cultures de riz et de maïs et les activités de maraîchage sont prédominantes. Les villages situés à proximité de cet environnement inondé et irrigué comptabilisent encore aujourd'hui le plus grand nombre de cas d'UB. Dans le nord de l'Ouémé, on peut citer le village d'Agbomahan qui enregistre quarante et un cas entre 2006 et 2018 ou encore la localité de Olohoungbodje qui en comptabilisent vingt-neuf sur la même période (figure 1).

Afin d'apporter de nouvelles explications sur les variations de l'incidence dans ces deux zones d'étude (Degnonvi et *al.,* 2019 ; Coudereau et *al.,* 2020), nous avons aussi fait le choix de sélectionner pour chaque village endémique enquêté, un ou plusieurs villages non-endémiques (moins de dix cas sur dix ans) situés à proximité et ayant les mêmes caractéristiques environnementales et démographiques (figure 1). Des villages ayant connu des épisodes épidémiques discontinus ont aussi été intégrés dans l'enquête dans le but de questionner le rôle de bouleversements environnementaux dans l'apparition de la maladie (inondations exceptionnelles, déboisements pour mettre en cultures des terres arables, etc.). C'est autour de ces observations croisées que s'appuie notre méthodologie.

UNE MÉTHODOLOGIE BASÉE SUR DES OBSERVATIONS CROISÉES

Afin de mieux identifier les caractéristiques hydro-géographiques des points d'eau fréquentés, mais aussi les pratiques et les comportements des villageois avec l'eau, nos investigations sur le terrain se sont tournées vers des observations directes (Arborio et Fournier, 2015) à partir de plusieurs outils détaillés ci-après.

Au cours du premier terrain (*avril-juillet 2019*), l'observation fixe ou « postée » aux abords de différents points d'eau naturels non-protégés a été au cœur de la méthodologie adoptée (Chapoulie, 2000). Le déroulement de ces enquêtes a reposé sur plusieurs étapes : un ou plusieurs temps d'interaction avec la population, l'observation du déroulement de toutes les activités réalisées à différents moments de la journée et enfin, l'enregistrement des données à l'aide de grilles d'observation imprimées et numérotées à l'avance. Parmi les variables collectées, on retrouve des éléments incontournables comme le sexe, l'âge estimé[5], le fait que l'individu observé soit seul ou accompagné pendant son activité, le rythme auquel les individus réalisent telle ou telle pratique (chercher de l'eau, se laver, faire la vaisselle, se baigner, etc.).

5 Quatre catégories ont été prises en compte : (1) les enfants < 15 ans, (2) les adolescents, (3) les femmes et les hommes entre 20 et 50 ans, (4) les seniors > 50 ans.

En complément des grilles d'observation, des renseignements sur les comportements des individus (port ou non de chaussures et de vêtements, etc.) et les caractéristiques précises du lieu (aspect de l'eau, présence ou non d'invertébrés aquatiques/poissons et de plantes aquatiques) ont été décrits dans des carnets de terrain. Ces descriptions approfondies se fondent sur des travaux en ethnographie des pratiques corporelles (Rodda et *al.,* 2015) qui suggèrent de repérer les différentes gestuelles et attitudes dans l'exécution de certaines activités comme par exemple la position du corps dans l'eau (immersion ou non des membres inférieurs ou supérieurs, contacts ou non avec des plantes aquatiques, etc.). Au final, près de quarante sessions d'observations (de trois heures environ chacune) ont été réalisées dans neuf villages endémiques et non-endémiques de la zone d'étude (figure 2). N'étant pas sur place toute la journée, les données qualitatives et quantitatives collectées ne prétendent pas à une représentativité statistique. En revanche, elles ont permis de retracer les principaux engagements individuels et collectifs des villageois à différents points d'eau non-protégés.

Lors du second terrain (*septembre-décembre 2019*), nous avons fait le choix de mener des observations directes à l'échelle d'un plus grand nombre de villages (vingt-sept au total) dans le but de comparer et conforter les résultats acquis[6]. Initialement postées, les observations ont cette fois été menées de manières itinérantes ou « diffuses » (Peretz., 2004 ; Arborio., 2007).

Cela consistait à parcourir à pied le périmètre du village et à faire l'inventaire le plus exhaustif possible et la description de tous les types de points d'eau fréquentés par la population. Pour affiner l'interprétation, des photos ont été prises ainsi que des relevés GPS au niveau de tous les points d'eau observés afin de les cartographier. La recherche d'invertébrés et de vertébrés (insectes, araignée, mollusques, crevettes, poissons, amphibiens) a également été réalisée par examen direct en surface de l'eau. Ce travail a souvent nécessité plusieurs jours de terrain car le périmètre d'un village peut être très vaste.

En complément, des observations directes ont été réalisés dans des chemins de traverse inondés mais aussi le long ou à proximité de cours d'eau (figure 2). Ces enquêtes de terrain ont été associées à des observations « au fil de l'eau ». Cela consistait à parcourir à pied le tronçon d'un ruisseau ou d'une rivière (depuis sa source jusqu'à son exutoire par exemple) et à identifier d'autres espaces ou « micro-territoires » propices à la contamination (en dehors des points d'approvisionnement en eau pour des usages domestiques) et de nouvelles pratiques spécifiques à risque (culturales ou récréatives comme la baignade des enfants par exemple). Pour chacune de ces enquêtes, nous avons été accompagnés par une ou plusieurs personnes des villages enquêtés.

6 Les données issues des observations postées ont fait l'objet de trois comptes rendus. Ils devaient permettre à quiconque, en l'occurrence les membres de l'équipe de GEaNT, de revivre ces séquences d'observation et de comprendre les interprétations que l'enquêteur propose au regard des hypothèses initiales.

Figure 2 : Localisation des 198 points d'approvisionnement en eau enquêtés *(Source : Relevés GPS Avril-Novembre 2019, Projet GeANT, Réalisation : Boccarossa A., 2020).*

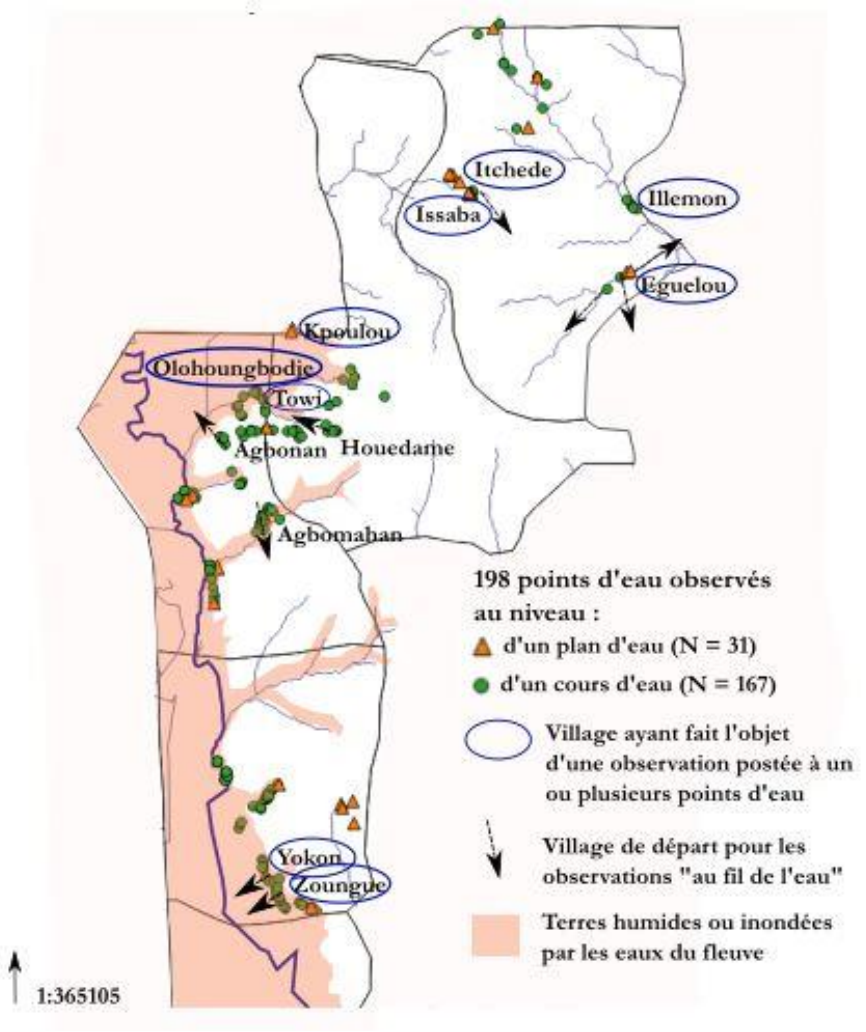


Figure 3 : Répartition par âge et par sexe des activités pratiquées à des points d'eau naturels non-protégés dans la zone du Plateau et du Ouémé *(Source : données observationnelles collectées entre Avril-Juin 2019 au niveau de 11 points d'eau, Réalisation : Boccarossa A., 2020)*

Répartition par sexe et par âge	Baignade	Collecter de l'eau	Laver une moto	Laver un enfant	Lessive	Pêcher	Ramasser du sable	Se laver/ rincer	Traverser un cours d'eau	Vaisselle	Total général
Adolescent Féminin (F)		26		1	9		2	5	12		**55**
Adolescent Masculin (M)	5	1	4					8	23		**41**
Adulte F	1	321		8	41	2	4	29	221	1	**628**
Adulte M		11	4		1	5		9	186		**216**
Enfant F	12	97			15	5	3	14	37	1	**184**
Enfant M	44	43	4		8	11		32	49		**191**
Personne âgée F		14			2			7	28	2	**53**
Personne âgée M		1				1		2	17		**21**
Total général	**62**	**514**	**12**	**9**	**76**	**24**	**9**	**106**	**573**	**4**	**1389**

Au final, des données quantitatives et qualitatives ont été recueillies aux abords de 198 points d'eau (167 cours d'eau et 31 plans d'eau) fréquentés quotidiennement par les villageois de localités endémiques et non-endémiques (figure 2). Dix activités différentes en contact avec l'eau ont été comptabilisées. Aller chercher de l'eau (pour boire, pour préparer la cuisine, faire la vaisselle ou se laver au domicile) et la traversée à pied d'un cours d'eau pour se rendre dans les champs cultivés ou un village voisin sont les deux pratiques qui ont été les plus observées à un point d'eau (figure 3). Sur un échantillon de 1389 individus, les femmes entre 20 et 50 ans (45%) et les enfants sans distinction de sexe (27 %), sont les acteurs les plus représentés à ces points d'approvisionnement en eau.

Ces données localisées ont été complétées par des entretiens avec la population. Des entrevues longues, supérieures à une heure, ont été réalisées auprès d'une quarantaine de personnes « ressources », des relais communautaires (chef de village, conseillers/délégués) qui détiennent une connaissance très fine du territoire (sur le nombre total de quartiers, la population totale, les limites administratives, etc.), mais aussi des membres de la famille d'anciens patients (enfants ou adultes) ainsi que les « anciens » (personnes de plus de 50 ans). Ces entrevues longues ont apporté les réponses les plus précises, contextualisées et avec une certaine mémoire de la maladie et des changements/bouleversements environnementaux que ces personnes ont pu observer au cours de leur vie. Enfin, une cinquantaine de discussions courtes, entre quinze et vingt minutes, a été réalisée de façon aléatoire avec la population fréquentant les lieux de l'enquête. Les Fon et les Holi constituent les ethnies majoritaires dans l'échantillon des villages investigués. Pour surpasser la barrière de la langue, nous avons aussi fait le choix d'être accompagné par un traducteur lors de toutes les visites de terrain.

RÉSULTATS

Seuls certains résultats seront développés dans cet article. Tout d'abord, le travail de caractérisation des 198 points d'eau observés en milieu rural est présenté. Il est suivi par une analyse des principaux comportements liés à l'eau répartis entre points d'eau artificiels protégés et points d'eau naturels non-protégés, puis sur les différences observables dans l'aménagement des abords de ces ressources en eau nécessitant la pleine participation des populations concernées. Un résultat questionne le rôle de la jacinthe d'eau comme gîte et véhicule indirect du vecteur de contamination. Puis deux résultats concernent spécifiquement les enquêtes qui ont été menées dans deux types de bas-fonds afin de déterminer si des risques d'exposition peuvent être associés aux caractéristiques hydro-géographiques des points d'eau aménagés sur ces terres humides et à faible pente. Le dernier résultat s'attarde sur l'identification de « micro-territoires » propices à la contamination en dehors des espaces aménagés pour l'approvisionnement en eau (chemin de traverse pour se rendre aux champs par exemple) ou encore de facteurs saisonniers de contamination explicatifs de l'occurrence de cette pathologie à certains moments de l'année et de sa disparition dans d'autres.

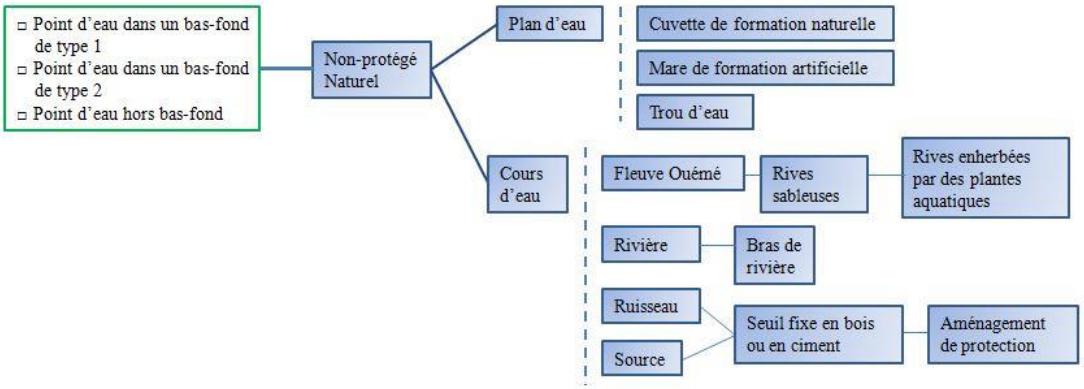
Caractériser les points d'eau observés pour mieux les comparer

De nombreuses études épidémiologiques menées au Bénin relient les sources de transmission de *M. ulcerans* à des écosystèmes aquatiques stagnants ou à faible débit ou encore à des zones humides de basses altitudes transformées artificiellement par l'homme pour l'agriculture (Walsh et *al.,* 2008 ; Debacker et *al.,* 2006). En revanche, la caractérisation précise de ces sites potentiels de transmission n'a jamais été réalisée. Les Béninois utilisent aussi différents qualificatifs pour désigner les points d'eau non-protégés qu'ils fréquentent ce qui a rendu nécessaire un premier travail de clarification que nous présentons ici sous la forme d'une typologie (figure 4).

Les populations qui travaillent ou habitent à proximité de terres humides et à faible pente sont plus exposées à la bactérie *M. ulcerans* que ceux de la zone du Plateau. Une étude épidémiologique réalisée au sud-est du Bénin montre que les foyers d'endémicité s'organisent principalement autour de la vallée de l'Ouémé (Johnson et *al.,* 2008). D'après les données de la surveillance du CDTUB de Pobé, les trois communes (Bonou, Adjohoun et Dangbo) qui sont traversées par le fleuve Ouémé et par une large plaine inondable,

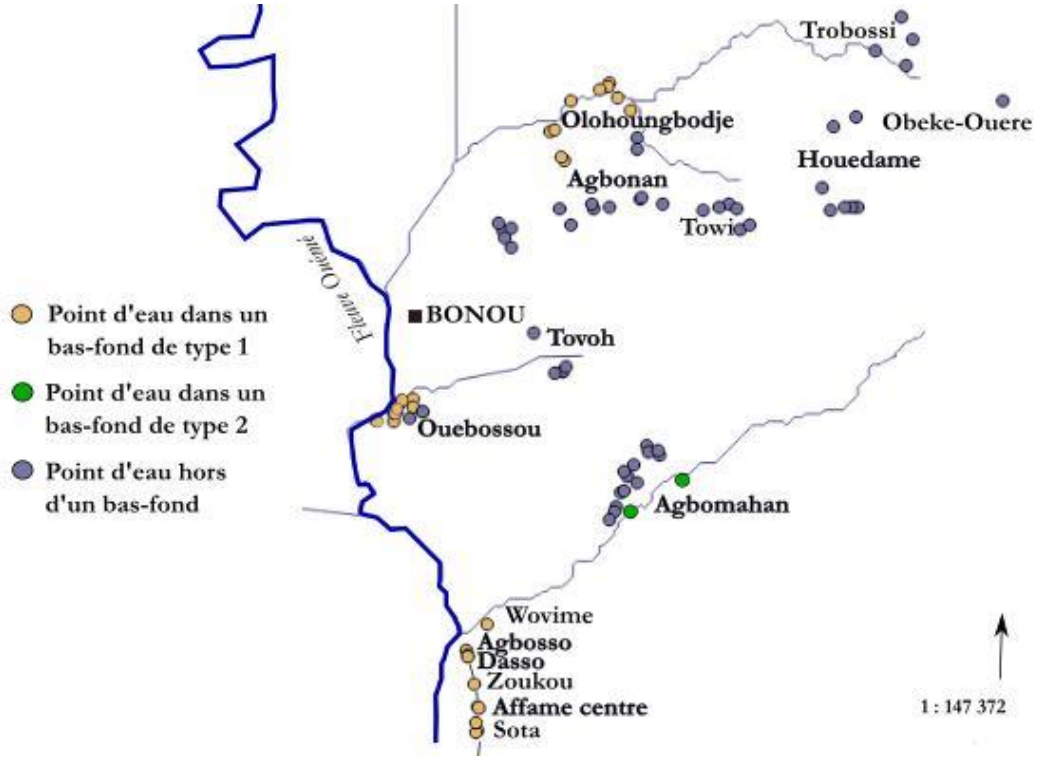
désignée sous le terme générique de « bas-fonds » par les habitants, regroupent encore aujourd'hui 75 % des effectifs de nouveaux cas. Le premier niveau de notre typologie consiste donc à repérer l'appartenance ou non de chaque point d'eau observé à un bas-fond (figure 4 et 5).

Figure 4 : Création d'une typologie pour caractériser les points d'eau naturels et non-protégés fréquentés quotidiennement par les villageois de la zone du Plateau et de l'Ouémé *(Réalisation : Boccarossa A., 2020).*



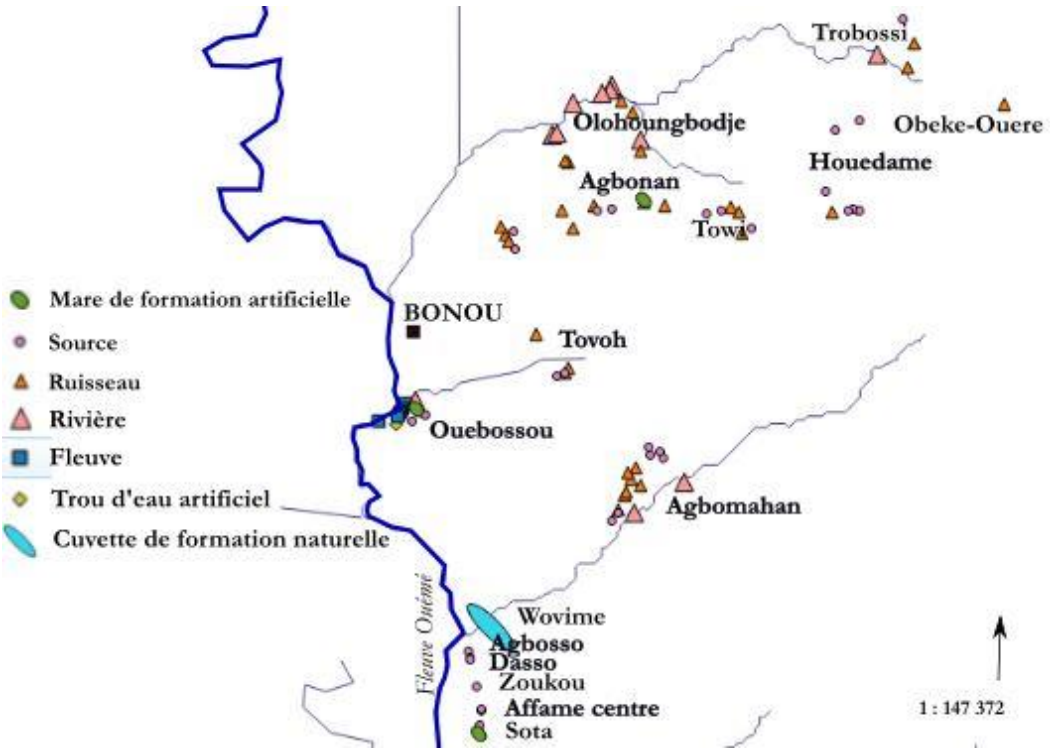
Deux types de bas-fonds ont été observés dans la zone de l'Ouémé. D'un côté, les terres situées le long ou à proximité de cette large plaine inondées de juillet à novembre par les crues du fleuve (bas-fond de type 1). De l'autre, des points d'eau situés dans de petites vallées encaissées à fond plat (bas-fond de type 2). La physionomie et le fonctionnement hydrologique de ce deuxième type de bas-fonds se rapproche de la définition apportée par Windmeyer et Andriesse (1993) cité par Diatta (1996) qui les définissent comme étant un « *stream in land valley* » (un ruisseau ou une rivière qui coule à l'intérieur de la vallée). Ils se distinguent aussi des bas-fonds de type 1 par des périodes d'inondation plus courtes et qui sont liées à la remontée du débordement de la rivière ou du ruisseau depuis l'aval. Différencier le type de bas-fond dans lequel le point d'eau a été observé a été utile pour faire apparaître de nouveaux indices sur les sites potentiels de transmission (figure 4 et 5). Nous verrons qu'ils ne sont pas nécessairement les mêmes en fonction de la morphologie du bas-fond, de son fonctionnement hydrologique ou encore des aménagements hydro-agricoles qui y ont été engagés.

Figure 5 : Application du premier niveau de la typologie (localisation ou non du point d'eau dans un bas-fond) à la zone endémique de Bonou *(Réalisation : Boccarossa A., 2020).*



Par ailleurs, les villageois ont tendance à employer deux autres qualificatifs pour différencier les points d'eau non-protégés qu'ils utilisent. Le plus courant est celui de « *marigot* », le second est « *source* ». Dans les dictionnaires en ligne sur les données et les référentiels sur l'eau, un marigot est à la fois apparenté à un tout petit cours d'eau qui s'écoule lentement, mais aussi à un marais tropical ou encore à un bras mort d'une rivière. Il est aussi défini comme tout point d'eau alimenté par les pluies, les eaux de débordement d'un cours d'eau ou des nappes souterraines. La terminologie de « *marigot* » permet donc de regrouper, de façon très imprécise, les points d'eau naturels que les villageois ont l'habitude de fréquenter pour se laver ou faire la lessive. En revanche, elle ne permet pas d'en saisir la diversité. L'usage du mot « *source* » est également courant dans les discours mais ne correspond pas toujours au lieu précis où les eaux du sous-sol se déversent à la surface du sol. Cette dénomination fait aussi référence dans les représentations collectives à un filet d'eau ou un petit ruisseau, souvent peu profond et de faible débit. Afin de mettre en évidence la diversité des ressources en eau qu'utilisent les villageois, le niveau suivant de notre typologie vise à préciser la dénomination de chaque point d'eau naturel et non-protégé qui a été observé sur le terrain : sept désignations différentes sont présentées dans les figures 4 et 6 dont trois plans d'eau (cuvette de formation naturelle, mare et trou d'eau) et quatre cours d'eau (fleuve Ouémé, rivière, ruisseau, source).

Figure 6 : Application du deuxième niveau de la typologie (dénomination précise de chaque point d'eau) à la zone endémique de Bonou *(Réalisation : Boccarossa A., 2020).*



Qu'il soit situé dans un bas-fond ou en dehors, sur les coteaux d'une vallée ou sur le plateau, un point d'eau naturel non protégé nécessite parfois une subdivision de ses caractéristiques pour le qualifier (figure 4). Nous verrons dans la suite des résultats que les attributs complémentaires, « *seuil fixe en bois ou en ciment* » » et présence d'un « *aménagement de protection* » pour la catégorie « *ruisseau* » ou « *source* » par exemple, ont été utiles pour faire ressortir cette fois-ci des micro-situations locales réduisant ou augmentant les facteurs de risque d'exposition à la bactérie *M. ulcerans.*

Les villages ayant accès à des « points d'eau protégés » ne sont pas totalement dénués de risques.

Nos observations de terrain ont montré que les villages ayant un usage quotidien des ouvrages hydrauliques, en saison sèche mais aussi en saison des pluies, sont très peu confrontés à la maladie, voire ne l'ont jamais été. Le village de Zounta (commune de Dangbo) comptabilise cinq cas confirmés d'ulcère de Buruli entre 2006 et 2018, ce qui est très faible comparativement aux autres villages de son arrondissement (Zoungue). Par ailleurs, le village est éloigné de la plaine inondable du fleuve Ouémé et n'est traversé par aucun cours d'eau. De plus, aucune mare n'a été creusée dans le village pour collecter les eaux de ruissellement. Face à l'absence de points d'eau naturels dans ce village, les habitants ont l'habitude de fréquenter trois points d'eau protégés tout au long de l'année, une pompe à motricité humaine et deux puits à grand diamètre (figure 7).

Figure 7 : Aperçu a) d'une pompe à motricité humaine, b) d'un forage profond, c) d'un puits à grand diamètre *(photos personnelles Boccarossa A., 2019).*



En revanche, le transfert de toutes les activités domestiques à ces points d'eau protégés n'est pas systématique dans les villages qui se sont installés le long ou à proximité de cours d'eau ou de sources semi-permanentes (mare et cuvette de formation naturelle). Si l'eau pour la boisson est souvent pompée ou puisée pour la qualité des eaux souterraines, de nombreuses activités telles que la lessive ou se laver sont régulièrement maintenues à des sources d'eau non protégées. Le prix de la bassine d'eau est le premier facteur identifié pour expliquer ces habitudes. Le choix de fréquenter un point d'eau naturel non-protégé plutôt qu'un forage ou un puits peut aussi être corrélé au lieu de résidence « *de là où tu es, tu vas au plus proche* » (Selon un homme à Yokon[7], 2019).

En dehors de la distance qui sépare le lieu d'habitation de l'équipement hydraulique ou encore du prix de l'eau qui limite sa fréquentation, nous avons observé une diversité de micro-configurations locales qui participent également à maintenir des activités à des points d'eau non-protégés. Tout d'abord, les coupures d'eau liées à des litiges au sein d'un village ou avec des décideurs publics ne sont pas des cas isolés :

« On a eu de l'eau mais ça ne marche plus. Les contrôleurs de l'eau ont dit qu'on avait des dettes. Il y a eu une mésentente et l'eau a été fermée. Pour nous, on a payé ce qu'il fallait payer. Le forage a fonctionné quatre ans, l'eau était à 15 F la bassine. À ce moment-là, plus personne ne se rendait au marigot et on était content. Lorsqu'on a dû y retourner, la voie de l'eau était même fermée par la végétation. On a pris le coupe/coupe pour retracer la voie, on ne voyait même plus l'eau. » (Selon un homme du quartier de Kinta dans le village d'Agbonan, 2019).

L'insuffisance de la maintenance de nombreux ouvrages entraîne par ailleurs de nombreuses pannes et l'abandon du forage par la population concernée. De plus, les eaux souterraines pompées ou puisées ne sont pas toujours gages de qualité. Le sous-sol est parfois constitué de petites nappes d'eaux souterraines discontinues et peu profondes. Ces dernières ont tendance à subir plus facilement des affaiblissements saisonniers pendant la saison sèche ou à faire l'objet de remontées d'eaux souillées en saison des pluies. Cette situation est caractéristique du village de Houeda dans la commune d'Adjohoun (20 cas entre 2006 et 2018) qui dispose de plusieurs puits à grand diamètre mais qui ont été érigés à moins de trente mètres du bas-fond "Houèdagba". Des villageois à Sissekpa (28 cas entre 2006 et 2018) nous ont également confié ne pas toujours apprécier le goût et la qualité de l'eau d'une pompe installée dans le quartier de Houenoussou et préférer celle d'un ruisseau situé sur les flancs d'un coteau :

« Il y a une pompe qui a été installée dans l'école par l'Unicef. Mais on s'inquiète car l'eau est brillante à la surface. Regardez dans le seau là. Ils nous ont dit que c'était à cause d'un excès de fer. Du coup il y a des gens qui ne veulent pas la boire. Nous on l'utilise à l'école pour les enfants et pour préparer les repas. Elle a une odeur de boue et les gens préfèrent aller boire l'eau du cours d'eau. L'eau ne mousse pas et ça rend compliqué l'extraction de l'huile de palme.

[7] 27 cas « UB » entre 2006 et 2018.

Ça ne fait pas sortir la quantité d'huile nécessaire et ça fait mal dans la gorge lorsqu'on la boit.» (Selon un homme du village de Sissekpa, 2019).

Ainsi, la présence d'ouvrages hydrauliques dans un village ou un quartier, ne garantit pas toujours l'arrêt complet des activités à des points d'eau naturels et non-protégés.

Des facteurs de risques d'exposition identifiés à des points d'eau naturels abandonnés ou momentanément négligés

Ces retours d'expériences nous ont également montré que l'abandon temporaire ou permanent d'un ouvrage hydraulique entraîne souvent le repli des villageois vers d'anciens modes d'approvisionnement en eau et parmi eux des sources d'eau non-protégées. Des activités les exposant potentiellement à la bactérie *M. ulcerans* ont été identifiées à ces points d'eau et plus spécifiquement lors des travaux de réhabilitation. On peut citer le désherbage des berges ou encore le désencombrement du lit principal. Ces pratiques peuvent exposer la population à des piqures accidentelles d'insectes (si réalisées sans vêtements de protection) car le manque d'entretien empêche le bon écoulement de l'eau et favorise le retour d'une flore et d'une faune aquatique dans ces espaces circonscrits (figure 8).

Observés au niveau des deux ruisseaux (figure 8), de petits aménagements hydrauliques ont anciennement été confectionnés par les villageois. Ce sont des « *seuils fixes en bois ou en ciment* » positionnés au travers du lit des cours d'eau dans les villages de Houedame et Affame centre (16 et 18 cas d'UB entre 2006 et 2018) dans le but de créer ou d'augmenter artificiellement le volume d'eau, selon le même principe qu'un barrage. Si ces ouvrages traditionnels sont endommagés ou obstrués comme dans ces exemples, ils participent tout autant à l'exposition de la population à des risques de contamination car la végétation et les insectes piqueurs ont tendance à proliférer en amont.

Figure 8 : Ruisseaux abandonnés ou négligés momentanément par la population locale, se transformant en sites potentiels de transmission *(photos personnelles Boccarossa A., 2019)*



Les jacinthes d'eau, gîtes et véhicules indirects des punaises d'eau

De nombreux points d'eau observés dans la zone de l'Ouémé sont concernés par la prolifération d'une plante aquatique macrophyte flottante : la jacinthe d'eau. D'après nos entretiens, l'apparition des premiers cas d'ulcère de Buruli dans cette zone est concomitante avec la découverte de la jacinthe dans le bassin fluvial de l'Ouémé (figure 9 a) au début des années quatre-vingt (Dagno et *al.,* 2007). En période de crue, la plante flotte et peut donc facilement se disséminer dans les réseaux hydrographiques

annexes (figure 9 b) ainsi que dans les axes d'écoulement de la plaine inondable du fleuve (les bas-fonds).

Les racines, les tiges et les fleurs de la jacinthe d'eau abritent une faune locale diversifiée et notamment des punaises d'eau qui viennent y rechercher leurs proies (Portaels et *al.,* 1999). Nos visites de terrain révèlent aussi que la jacinthe d'eau est transportée par l'homme, du fleuve jusqu'aux vallées, voire sur les terres hautes du Plateau (figure 9 c), pour devenir une plante aquatique de bassins de pisciculture dans le but d'y créer de l'ombrage pour les alevins (figure 9 d et e). En véhiculant le gîte et le vecteur de contamination (les punaises d'eau) dans des zones qu'il n'atteindrait pas seul, ce facteur anthropique a pu tout autant participer au développement et à la reproduction de la bactérie *M. ulcerans* dans des territoires qui n'avaient jusqu'ici jamais été touchées par la maladie. En effet, la distance de vol d'une punaise d'eau n'a été estimée qu'à une dizaine de kilomètres en dehors de son environnement aquatique (Marion et *al.,* 2011).

Figure 9 : a) Aperçu de l'envahissement de la jacinthe d'eau sur une rive du fleuve, b) dans un réseau hydrographique annexe, c) à la surface d'un plan d'eau dans une zone non-endémique du Plateau, d) et e) bassins de pisciculture avant et après la prolifération de la jacinthe d'eau *(Photos personnelles Boccarossa A., 2019).*



Endémicité et caractéristiques hydro-géographiques des points d'eau situés dans la plaine inondable du fleuve Ouémé

Les terres humides et irriguées des bas-fonds de type 1 sont cultivées depuis des décennies dans les communes de Dangbo, d'Adjohoun et de Bonou (zone de l'Ouémé) pour l'autoconsommation et pour ravitailler en produits frais des marchés des villes et de leurs environs. Les années quatre-vingt furent marquées par une réorganisation des aménagements hydro-agricoles dans cette plaine inondée et irriguée afin d'augmenter la production de riz, de maïs et les activités de maraîchage (tomate, piment, haricot etc.). Des réseaux d'écoulement (chenal, canal) ont été tracés par l'homme pour faciliter l'écoulement des crues locales (de juillet à novembre). Rapidement, le retrait des sociétés nationales et étrangères en charge de la mise en place et de l'entretien de ces aménagements a entraîné

l'interruption des principaux travaux de curage et de drainage. Ce contexte a largement participé à l'encombrement de ces axes d'écoulement par un afflux de matières organiques et de plantes aquatiques provenant des eaux de débordement du fleuve (figure 10 a) et que les villageois ont aussi pris l'habitude d'appeler « les eaux des bas-fonds ». Ces mêmes éléments sont aussi responsables de la perturbation des débits d'eau attirant une diversité d'espèces aquatiques dans ces espaces, des insectes, des mollusques, des crevettes, des poissons ainsi que des amphibiens (figure 10 b). Ce constat a été vérifié par des examens directs en surface de l'eau et par les discours des villageois rencontrés dans la zone sud de l'Ouémé : « *ce sont les « eaux sales*[8] *des bas-fonds qui apportent des insectes qui piquent* » (selon une femme du village de Yokon, 2019) ».

De nombreux points d'approvisionnement en eau (ruisseaux et sources) ont été observés dans les villages endémiques de Yokon, Zoungué et Mitro (respectivement 27, 14 et 12 cas d'UB entre 2006 et 2018), situés à proximité de cette plaine inondée et irriguée (ou bas-fonds de type 1). De juillet à novembre, différentes adaptations des pratiques avec l'eau ont été observées. Lorsque « *l'eau du fleuve recouvre tout* » (selon un homme du village de Mitro, 2019), certaines familles abandonnent les points d'eau naturels non-protégés qu'ils considèrent de mauvaise qualité et se replient sur des puits ou des forages pour toutes leurs activités domestiques. D'autres fréquentent ces points d'eau protégés pour l'eau de boisson mais conservent certaines activités de lavage, consommatrices en eau, au niveau de points d'eau naturels submergés par les « eaux des bas-fonds » (figure 11 a et b), bien que leurs caractéristiques hydro-géographiques à cette saison cumulent de nombreux facteurs de risques de transmission (débit lent, écoulement obstrué par un afflux de sédiments et de végétaux, stock important d'insectes piqueurs dans l'eau et à proximité).

Les résultats de nos observations « postées » montrent aussi que ce sont les femmes, entre 20 et 50 ans, mais surtout les enfants (<15 ans) qui ont les contacts les plus prolongés avec ces sites potentiels de transmission. La baignade a tendance à éloigner les enfants des entrées principales des points d'eau où la majorité des activités de lavage sont pratiquées par les femmes (figure 11 c). Au cours de cette activité de loisir, les enfants se déshabillent et ont le corps intégralement immergé dans l'eau. Leurs jeux dans l'eau ont tendance aussi à les rapprocher des berges où les plantes aquatiques en surface de l'eau et enracinées dans la boue sont plus nombreuses. Contrairement aux enfants, les femmes ont les pieds et les chevilles immergés dans l'eau pendant les activités de lavage et ont tendance à se positionner dans le sens du courant car l'eau y est plus claire et plus propre (figure 11 d et e).

Les observations « au fil de l'eau » nous ont permis d'identifier d'autres sites potentiels de transmission dans les bas-fonds de type 1, en dehors des points d'approvisionnement en eau fréquentés pour des usages domestiques, et de nouvelles activités spécifiques à risque. Tout d'abord, de nombreux points d'eau temporaires et non-aménagés sont aussi utilisés par les travailleurs dans les champs pour se rincer (figure 12 a), pour la recherche de mollusques ou de vers de terre pour la pêche (figure 12 b) ou encore pour y poser des lignes avec des hameçons ou des petits filets (figure 12 c). Pour les activités de pêche, les individus portent généralement des vêtements longs pour se protéger des piqures (essentiellement des hommes).

[8] Mélange des eaux du débordement du fleuve à celles de réseaux hydrographiques annexes et de ruissellement.

Figure 10 : a) Aperçu d'un axe d'écoulement encombré par les « eaux du bas-fond », b) un environnement aquatique plus propice à la présence de punaises aquatiques *(Photos personnelles Boccarossa A., 2019).*



Figure 11 : Aperçu a) et b) de deux points d'eau aménagés dans la plaine inondable du fleuve Ouémé, et des activités spécifiques à risque conservées avec les « *eaux des bas-fonds* », c) la baignade des enfants, d) et e) les activités de lavage des femmes *(Photos personnelles Boccarossa A., 2019).*



Même si les traversées en pirogue sont nombreuses à la saison des hautes-eaux, la marche dans l'eau est aussi une activité spécifique à risque observée à cette période de l'année. Que ce soit pour accéder aux champs ou un village voisin, des chemins de traverse sont empruntés par des adultes, sans distinction d'âge et de sexe, mais aussi par des enfants sur les temps libres (figure 12 d). Si les adultes ont les extrémités basses du corps immergées dans l'eau (principalement les jambes), l'eau peut atteindre la partie haute du corps pour les enfants. Nombreux sont ceux qui ont été observés à retrousser leurs vêtements avant de rentrer dans l'eau, voire même à en retirer certains.

Figure 12 : Aperçu a) de points d'eau temporaires, et à risque de transmission, fréquentés par la population locale pour se rincer au retour des champs, b) pour la recherche de mollusques ou de vers de terre pour la pêche, c) pour y poser des lignes avec des hameçons ou des petits filets, d) et d'un chemin de traverse inondé *(Photos personnelles Boccarossa A., 2019).*



Une expansion de la maladie liée à la « descente des hommes » dans des petits bas-fonds encaissés.

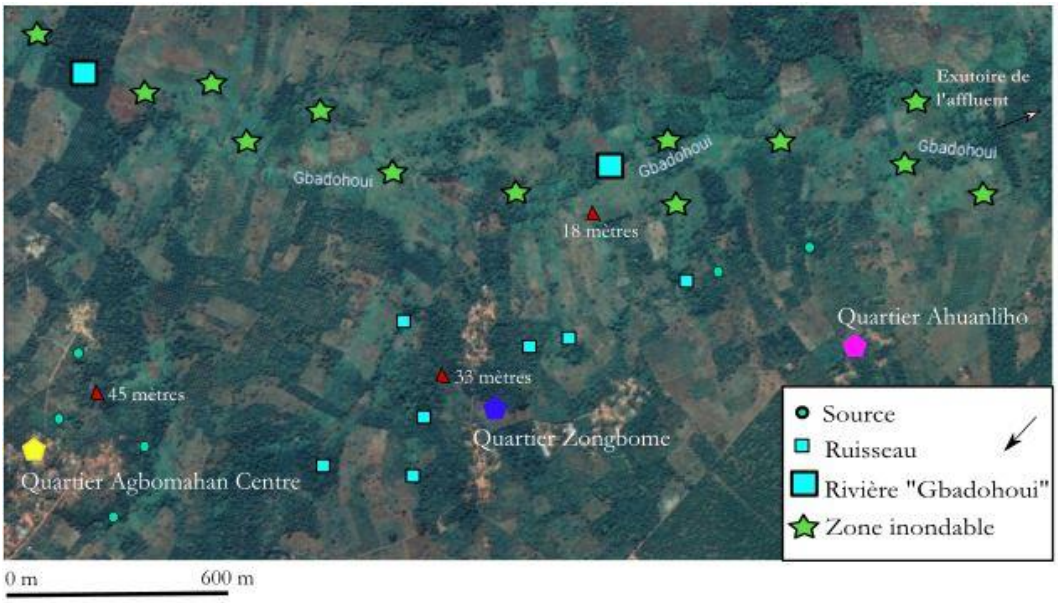
Comparativement aux bas-fonds de type 1, la mise en valeur agricole des terres humides situées dans des petites vallées encaissées à fond plat (ou bas-fonds de type 2), a été plus tardive. Ces terres ont longtemps été marginalisées avant de devenir des lieux d'expérimentation agricole il y a environ une quinzaine d'années (Gibigayé., 2013 ; Iwikotan et *al.,* 2016). Dans le village d'Agbomahan dans la commune de Bonou, l'augmentation de la population a contraint les exploitants à cultiver des terres sur le relief de coteaux escarpés et vallonnés puis à se déplacer dans un bas-fond recouvert de forêts galeries lorsque toutes les possibilités locales d'accroître la production avaient été exploitées (figure 13). Si ces terres basses et humides constituent aujourd'hui une source de production alimentaire et de revenus pour la population, le village affiche également une des incidences les plus élevées de son arrondissement (41 cas entre 2006 et 2018).

Cette histoire agraire qui consiste à déboiser et à mettre en valeur des espaces marginaux lorsque l'espace agricole se raréfie a été reproduite dans d'autres villages endémiques de la zone : le village d'Agbonan (47 cas entre 2006 et 2018) ou encore les lieux dits de Tovoh, Monsekpota et de Sotinkanme (figure 16) :

« Avant les gens cultivaient sur les terrasses, sur les versants de la vallée. On ne travaillait pas dans le bas-fond. C'était recouvert par la brousse il n'y avait pas de cultures. Il y avait de l'eau partout, on ne pouvait pas rentrer dedans » (Selon un homme du village d'Agbomahan, 2019).

« Avant le bas-fond c'était un grand marécage, l'eau envahissait tout. On a dû faire le travail du drainage pour pouvoir cultiver, enlever tous les obstacles sur le chemin de l'eau : arbustes, végétaux, nettoyer les déchets dans la rivière. Après il y a des villageois qui ont créé des chemins pour faire venir l'eau du cours d'eau dans leurs champs » (Selon un homme du lieu dit de Tovoh, 2019).

Figure 13 : Localisation des points d'approvisionnement en eau pour les usages domestiques dans le village de Agbomahan dans la commune de Bonou *(Source : Relevés GPS novembre 2019 ; Fond de carte : Google Earth ; Réalisation : Boccarossa A., 2020)*



L'exposition des villageois à la bactérie *M. ulcerans* dans cette zone interviendrait donc de manière concomitante avec la mise en place de ces nouvelles pratiques culturales (travaux de défrichement, préparation du sol, mise en place et entretien des parcelles, maîtrise de l'irrigation et du drainage). D'autant plus que les points d'approvisionnement en eau pour les usages domestiques ne sont pas situés sur ces terrains plats et à faible pente mais sur les terres hautes des vallées à proximité des habitations (figure 13). À Agbomahan, il s'agit essentiellement de sources et de ruisseaux dont les contours ont été consciencieusement désherbés, l'eau y est particulièrement limpide voire transparente, les déchets végétaux à la surface sont rares, il n'y a pas de tapis de vase au fond et les « *seuils en bois ou en ciment* » positionnés au travers des rives des cours d'eau sont entretenus et permettent un bon écoulement de l'eau (figure 14 a). Certains points d'eau sont strictement réservés aux activités de lavage qui génèrent des pollutions anthropiques (figure 14 b). De plus, les attitudes corporelles avec l'eau sur les terres hautes des vallées sont différentes de celles observées dans les bas-fonds. Les mains et les avants bras peuvent être en contact avec l'eau au niveau d'une source au moment de remplir les bassines mais rarement le reste du corps. À un ruisseau, la hauteur d'eau atteint au maximum le haut du pied limitant aussi les

facteurs de risque d'exposition. Enfin, ces points d'eau ne sont jamais atteints par les « *eaux sales des bas-fonds* » et l'aspect de l'eau évolue très peu au cours de l'année. Certains font même l'objet d'aménagements de protection comme à Tovoh où une tranchée horizontale sur plusieurs mètres a été tracée pour rechercher l'eau de la source et dont la résurgence a été entièrement bétonnée. À son extrémité, un tuyau est scellé à un mur en ciment, en parpaing ou en pierre par lequel l'eau s'écoule. On retrouve également une rigole qui permet d'évacuer l'eau sale (figure 14 c).

Figure 14 : Aperçu a) d'un ruisseau peu propice à la contamination sur les terres hautes des vallées b) d'une source réservée aux activités de lavage c) d'un aménagement de protection positionné à la sortie d'une source *(Photos personnelles Boccarossa A., 2019).*



Les « micros territoires » propices à la contamination et des contextes saisonniers

Lors de nos observations « au fil de l'eau », des configurations hydro agricoles temporaires ont parfois été identifiées comme plus propices à la contamination que l'ensemble des points d'eau aménagés pour les usages domestiques. À Monsekpota dans la commune de Bonou, la présence de punaises d'eau a été observée par examen direct en surface de l'eau en aval de champs labourés traversés par un ruisseau et où un agriculteur a érigé des buttes de terre destinées à protéger certaines cultures des inondations ou au contraire à dévier la trajectoire de l'eau pour irriguer certains champs (figure 15 a et b). Dans la mesure où ces configurations hydro-agricoles temporaires participent à ralentir l'écoulement de l'eau et à créer des retenues d'eau ponctuelles où les punaises d'eau potentiellement contaminées par la bactérie M. *ulcerans* peuvent se développer et proliférer, ces « micro territoires » agricoles ont aussi été associés à des sites potentiels de transmission.

Nos enquêtes ont également mis en évidence des facteurs « saisonniers » de contamination. Dans la zone du Plateau, l'apparition de cas ponctuels d'ulcère de Buruli a été associée à des années particulièrement pluvieuses et lors

desquelles l'eau a stagné plus longtemps que la normale. Pour prévenir les risques d'exposition à des agents pathogènes sur ces laps de temps mais aussi les noyades, les adultes du village de Kpanou-Kpadé (4 cas entre 2006 et 2018) ont interdit aux enfants de se rendre à une cuvette de formation naturelle pour s'y baigner :

« Cela dépend des années mais habituellement l'eau commence à tarir à partir du mois de novembre. L'année où l'enfant est tombé malade, il a plu abondamment et l'eau est restée dans une petite cuvette entre décembre et janvier. Je me rappelle bien, les enfants sont tous aller s'y baigner, c'est au moment de la saison sèche et des fortes chaleurs. Il y a deux ans, un deuxième garçon a fait la maladie dans le village et c'est dans la même mare où il s'est baigné. Pareil c'était une année exceptionnelle où l'eau est restée » (Selon un homme du village de Kpanou-Kpadé, 2019).

De petites infrastructures villageoises réduisant l'accès et les contacts directs avec l'eau ont également été observées dans la zone du Plateau. On peut citer la construction de ponts en bois dans la commune de Pobé (village d'Illemon, 0 cas entre 2006 et 2018) ou encore des barrières mobiles confectionnées avec des branchages (village d'Issaba, 6 cas entre 2006 et 2018) et positionnées aux entrées de mares profondes pour y interdire l'accès aux jeunes enfants (figure 15 c et d). Dans ces deux villages de la zone du Plateau, l'incidence de la maladie y est particulièrement faible voire nulle.

Une gestion plus stricte des usages de l'eau a également été observée dans les villages de Issaba et de Itchede dans la commune de Pobé (respectivement 6 et 3 cas entre 2006 et 2018) car l'eau des mares est peu renouvelée ce qui en fait un milieu beaucoup plus sensible aux pollutions d'origine humaine. On peut citer l'interdiction de se baigner à l'intérieur des bassins creusés artificiellement par l'homme ou de faire la lessive aux entrées principales. Si le faible nombre de cas d'UB dans cette zone du Plateau a surtout été associée à son éloignement du bassin fluvial (Coudereau et *al.,* 2020), les résultats de nos observations « postées » montrent que les villageois de la zone du Plateau adoptent aussi des comportements différents avec les eaux libres de surface que ceux de la zone de l'Ouémé.

Enfin, les épisodes de crues et de décrues du fleuve (de juillet à novembre) ont aussi été identifiés comme des contextes saisonniers propices à la contamination dans les villages de Tode et Ouebossou (respectivement 11 et 12 cas entre 2006 et 2018) dans la zone de l'Ouémé. Les points d'eau situés dans les poches résiduelles des bas-fonds (comme les trous et les bassins de pêche, les sources submergées par les crues locales) peuvent offrir des zones de refuge pour les poissons et les invertébrés aquatiques de toutes sortes lors de la montée des hautes eaux mais également des zones de capture de nombreuses punaises d'eau. Ainsi les eaux mélangées des bas-fonds (issues de la rencontre entre les eaux du fleuve, de ruissellement et des réseaux hydrographiques annexes pendant la saison des pluies) peuvent créer des conditions propices à la présence du vecteur de contamination (les punaises d'eau) dans des espaces parfois très circonscrits (figure 15 e et f) et de façon momentanée d'où l'existence de variations géographiques et interannuelles de la maladie à une échelle locale.

Figure 15 : Aperçu a) et b) de deux retenues d'eau en aval de champs bêchés, c) et d) d'aménagements villageois (barrière mobile et ponts en bois) réduisant l'accès et les contacts directs avec l'eau, e) et f) de poches résiduelles dans les bas-fonds *(Photos personnelles Boccarossa A., 2019).*



DISCUSSION ET CONCLUSION

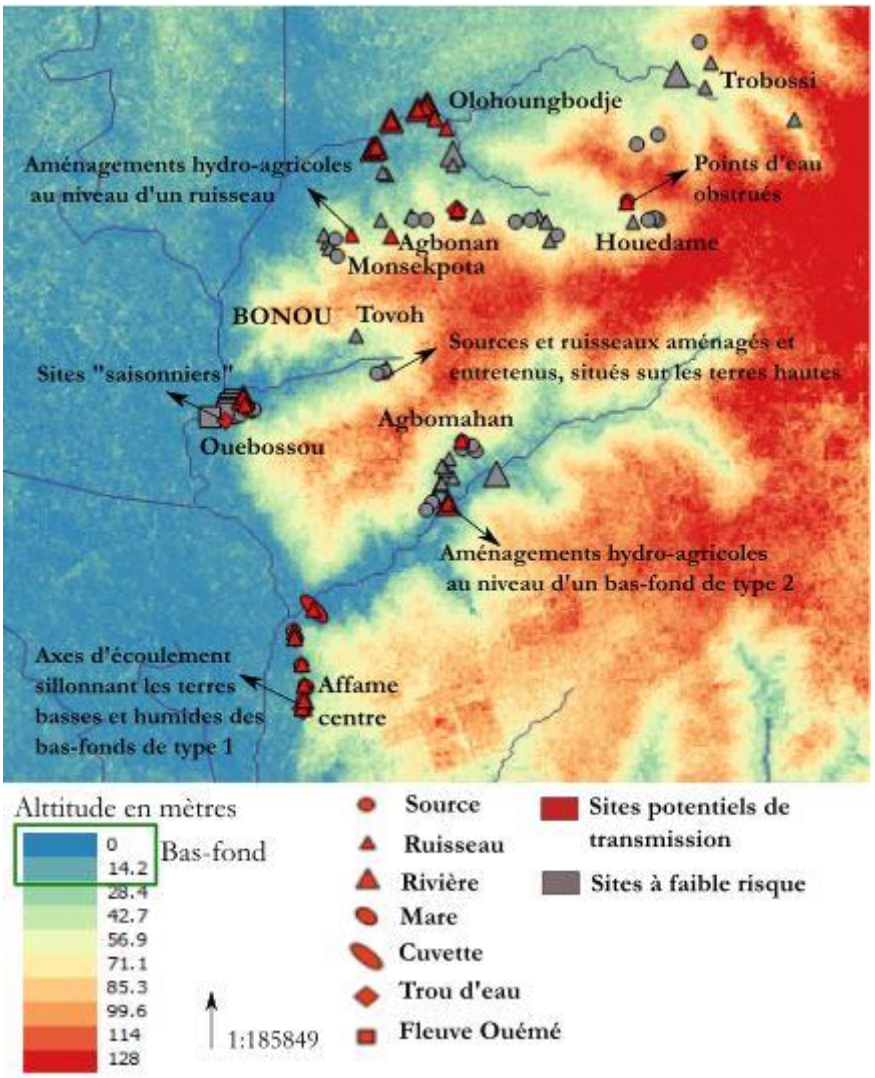
Avant d'initier ces enquêtes à une échelle fine, nous pensions que le maintien des activités à des sources d'eau non-protégées, plutôt qu'à des forages ou à des puits, expliquait un nombre encore important d'infections à *M. ulcerans* dans cette région. Nos résultats montrent l'insuffisance de cette analyse et la nécessité d'adopter une approche holistique des facteurs qui font obstacle à un usage quotidien des points d'eau protégés. En effet, l'habitude de faire la lessive ou de se laver au niveau des eaux libres de surface trouve parfois son origine dans la vétusté de l'ouvrage hydraulique en place, la mauvaise qualité de l'eau puisée ou pompée ou encore dans son coût : pourquoi consacrer de l'argent à ces systèmes d'approvisionnement modernes si l'on peut avoir accès à de l'eau gratuite et à proximité de chez soi ?

Nos enquêtes ont aussi montré que les disparités géographiques du nombre de cas par village peuvent aussi être attribuables au fait que certaines populations locales vivent à proximité d'écosystèmes aquatiques plus à risques que d'autres. En s'appuyant sur les facteurs de risque d'exposition identifiés dans la littérature, certaines conditions propices à la présence et à la reproduction de la bactérie *M. ulcerans* ont été observées à des points d'eau naturels puis caractérisés en sites potentiels de transmission (les axes d'écoulement sillonnant des terres basses et humides des bas-fonds, les points d'eau obstrués et abandonnés momentanément par la population locale, des sites « saisonniers » fréquentés par les enfants pour la baignade ou la pêche) et d'autres à faible risque (les sources et les ruisseaux aménagés et entretenus situés sur les terres hautes et non atteintes par les crues locales, ou encore les mares de la zone du Plateau qui font l'objet d'une gestion stricte des usages). Appuyée par la figure 16, la majorité des sites potentiels de transmission qui ont été identifiés dans la zone endémique de Bonou sont localisés dans la plaine inondable du fleuve Ouémé. En revanche, ils ne sont pas rattachés à un type de point d'eau en particulier (source, ruisseau, mare, rivière, fleuve, trou d'eau, cuvette).

Les résultats de cette étude montrent aussi que les contacts à des points d'approvisionnement en eau fréquentés par la population locale pour des usages domestiques, traditionnellement reconnus comme étant la cause principale de nombreuses maladies d'origine hydrique, ne

sont pas les seules responsables. On note un lien direct entre la fréquentation quotidienne des habitants à deux types de bas-fonds pour les activités agricoles et un niveau constant de cas d'UB dans ces villages.

Figure 16 : Synthèse des points d'approvisionnement en eau enquêtés puis caractérisés en sites potentiels de contamination dans la zone endémique de Bonou *(Source : Relevés GPS Avril-Novembre 2019, Programme GeANT ; Fond de carte : Images Sentinel Radar ; réalisation : Boccarossa A., 2020)*



L'identification de facteurs structurels et anthropiques, impliquant des changements d'interactions de l'homme avec son environnement aquatique, nous ont permis aussi d'apporter de nouveaux indices sur les fluctuations intra-villageoises de l'incidence de la maladie. Dans une localité, tous les habitants ne vont pas nécessairement utiliser les mêmes points d'eau, les individus de chaque quartier, voire chaque famille adopte des pratiques spécifiques. Tous les individus ne disposent pas non plus de parcelles agricoles au niveau des bas-fonds dont l'accès nécessite de traverser des zones marécageuses. Ou encore certains enfants ont l'habitude d'accompagner quotidiennement leurs parents dans des champs inondés alors que d'autres ne le font jamais ou uniquement pendant les vacances scolaires en complément de la pêche.

Enfin, certaines pratiques ou infrastructures villageoises ont été identifiées comme protectrices contre l'infection alors qu'elles n'ont pas été initialement intégrées ou mises en place pour s'en prémunir. Dans la zone de l'Ouémé, on peut citer l'habitude de certaines familles d'abandonner momentanément les points d'eau naturels submergés par les eaux des bas-fonds entre juillet et novembre, considérés de mauvaise qualité pour leurs usages. Citons aussi les travaux d'entretien des abords des cours d'eau (réalisés avec des vêtements de protection), comme le désherbage des berges ou encore le creusement du lit, qui participent à maintenir un bon écoulement de l'eau. Ou encore les aménagements de protection aux abords des sources, la construction de ponts en bois et de barrières mobiles, ou encore l'adoption de règles strictes d'hygiène et de sécurité à des plans d'eau dans la zone du Plateau qui contribuent aussi à limiter les contacts directs avec les eaux libres de surface. Inversement des pratiques spécifiques à risque ont également été identifiées. On peut citer la baignade des enfants et les activités de lavage à des « sites saisonniers » et à des points d'eau submergées par les crues locales, les pratiques hydro-agricoles dans les bas-fonds, ou encore les traversées longues dans l'eau pour relier les champs ou un village voisin.

Jusqu'ici, notre recherche avait pris comme espace de référence les points d'eau utilisés par les villageois pour s'approvisionner. Or, nos résultats révèlent l'intérêt de changer d'approche et de ne plus raisonner en implantations ponctuelles mais plutôt en espaces de vie dans lesquels on va à la fois retrouver des points d'accès à l'eau « sûrs » et d'autres qui peuvent potentiellement exposer l'homme à la bactérie *M. ulcerans* ainsi que des espaces aquatiques potentiellement à risques fréquentés pour des raisons autres que l'approvisionnement en eau (travaux agricoles, jeux des enfants, …).

La prochaine étape de cette recherche sera de confronter nos résultats avec ceux d'une étude cas-témoins associée à une étude environnement qui ont été réalisées parallèlement dans le programme GeAnt. Afin de mieux comprendre l'écologie de la bactérie *M. ulcerans* dans plusieurs écosystèmes aquatiques et d'apporter de nouveaux indices sur les mécanismes de transmission, une centaine de points d'eau non-protégés et fréquentés quotidiennement par les patients du CDTUB de Pobé, entre le mois de avril 2018 et celui de février 2020, ont été prélevés pour y rechercher la bactérie (à la fois dans des vertébrés et des invertébrés, des plantes aquatiques et des matières organiques). La comparaison de ces résultats regroupant des compétences en microbiologie, en épidémiologie, et en sciences humaines et sociales a pour but d'apporter un faisceau de nouveaux indices sur les sites potentiels de transmission et les activités spécifiques à risque et pourrait faciliter à moyen long terme la mise en place de recommandations simples et efficientes à l'égard des groupes de villageois concernées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Aiga H., Amano T., Cairncross S., Domako J-A., Nanas O-K., Coleman S., 2004, Assessing water-related risk factors for Buruli ulcer : a case-control study in Ghana, The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, n°71, pp. 387-392.

Amofah G-K., Sagoe Moses C., Adjei Acquah C., Frimpong E-H., 1993, Epidemiology of Buruli ulcer in Amansie West districts, Ghana, Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, n°87, pp. 644-645.

Arborio A-M., Fournier P., 2015, L'observation directe, Armand Collin, 128 p.

Arborio A-M, 2007, L'observation directe en sociologie : quelques réflexions méthodologiques à propos de travaux de recherches sur le terrain hospitalier, Recherche en soins infirmiers, N° 90, p. 26-34.

Biggenli P., 2003, Pontederiaceae, *Eichhornia crassipes,* water hyacinth, jacinthe d'eau, *Tetezan'alika, Tsikafokafona », in The natural History of Madagascar* (Goodman S.M. et J.P., Benstead dir.), The University of Chicago Press. Chicago and London, pp. 476-478.

Center T-D., Pratt P-D., Rayamajhi M-B., Van T-K., Franks S-J., FAJr. Dray, Rebelo M-T., 2005, Herbivory alters competitive between two invasive aquatic plants, Biol. Control, volume 33, n°2, pp. 173-185.

Coudereau C., Besnard A., Robbe-Saule M., Bris C., Kempf M., Johnson R-C., Yao Brou T., Gnimavo R., Eyangoh S., Khater F., Marion E., 2020, Stable and Local Reservoirs of *Mycobacterium ulcerans* Inferred from the Nonrandom Distribution of Bacterial Genotypes, Benin, Emerging Infectious diseases, volume 26, n°3, pp. 491-503.

Chapoulie J-M., 2000, Le travail de terrain, l'observation des actions et des interactions, et la sociologie, Sociétés contemporaines, n° 40, pp. 5-27.

Dagno K., Lahlali R., Friel D., Bajji M., 2007, Synthèse bibliographique : problématique de la jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes*, dans les régions tropicales et subtropicales du monde, revue BASE Biotechnol. Agron. Soc. Environ, n°11, volume 4, pp. 299-311.

Debacker M., Aguiar J., Steunou C., Zinsou C., Meyers W., Portaels F., 2005, Buruli Ulcer Recurrence, Benin, Emerg Infect Dis, volume 11, n°4, pp. 584-589.

Debacker M., Portaels F., Aguiar J., Steunou C., Zinsou C., Meyers W., Dramaix M., 2006, Risk factors for Buruli ulcer, Benin. Emerg Infect Dis, n°12, pp. 1325-1331.

Degnonvi H., Fleuret S., Coudereau C., Gnimavo R., Giffon S., Yeramian E., 2019, Effect of well drilling on Buruli ulcer incidence in Benin: a case-control, quantitative survey, The Lancet Planetary Health, volume 3, pp. 349-356.

Diatta, S., 1996, Les sols gris de bas versant sur granito-gneiss en région centrale de la Côte d'Ivoire : organisation topo séquentielle et spatiale, fonctionnement hydrologique : conséquences pour la riziculture, Thèse de Doctorat, Spécialité : Agropédologie, Université Remi Poincaré Nancy I, 180 p.

Garchitorena A., Guégan J-F., Léger L., Eyangoh S., Marsollier L., Roche B., 2015, *Mycobacterium ulcerans* dynamics in aquatic ecosystems are driven by a complex interplay of abiotic and biotic factors. Elife 4:e0766.

Ghabbour E-A., Davies D., Lam Y-Y., Vozzella M-E., 2004, Metal binding by humic acids isolated from water hyacinth plants (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm-Laubach : Pontederiaceae), in *The Nile Delta, Egypt*, Environ. Pollut. N°131, pp. 445-451.

Gibigayé M., 2013, La crise alimentaire de 2008, une opportunité de relance des aménagements hydro-agricoles des bas-fonds et de la production du riz dans la Commune de Boukombé au Bénin », Revue de Géographie Léïdi, N° 11, pp.134-146.

Iwikotan A-A., Mama V-J., Houngbo E., Tente B., 2016, Exploitation des bas-fonds : un enjeu important pour le développement socio-économique du Bénin », Annales de la Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi (Bénin), Volume 3, N°22, pp. 59-73.

Johnson P-D., Stinear T., Small P-L, Pluschke G., Merritt R-W, et al. 2005, Buruli ulcer (*M. ulcerans* infection) : new insights, new hope for disease control, PLoS Med.

Johnson R-C., Sopoh G-E., Barogui Y., Dossou A., Fourn L., Zohoun T., 2008, Surveillance system for Buruli ulcer in Benin : results after four years. Sante volume 19, pp. 9-13.

Kenu E.,Mensah Nyarko K., Seefeld L., Ganu V., Käser M., Lartey M., Nii Laryea Calys-Tagoe B., et al., 2014, Risk Factors for Buruli Ulcer in Ghana - A Case Control Study in the Suhum-Kraboa-Coaltar and Akuapem South Districts of the Eastern Region, Plos Neglected tropical diseases (en ligne) Consulté le 10/042020 URL : https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0003279

Kpondjo N-M., 2008, Développement des larves de moustiques dans un écosystème particulier : milieu sous jacinthe d'eau *Eichhornia crassipes* (Mart), Mémoire Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, département du génie de l'environnement, 56 p.

Kotlowski R., Martin A., Ablordey A., Chemlal K., Fonteyne P-A., Portaels F., 2004, One-tube cell lysis and DNA extraction procedure for PCR-bases detection of *Mycobacterium ulcerans* in aquatic insects, molluscs and fish. J Med Microbiol n°53, pp. 927-933.

Lebel J., 2003, La santé une approche écosystémique, Centre de recherches pour le

développement international BP 8500, Ottawa (Ontario), Canada K1G 3H9, 86 p.

Leite E-C., Kasisi R., Jacobs P., 2003, Les stratégies de gestion durable des écosystèmes aquatiques en Afrique *:* le cas du complexe lac Nokouélagune de Porto-Novo *au* Bénin, Communication IIIème Forum Mondial de l'eau (en ligne) Consulté le 04/2020 URL : https://www.riob.org/fr/documents/strategies-de-gestion-durable-des-ecosystemes-aquatiques-en-afrique-le-cas-du-complexe.

Marion E., Eyangoh S., Yeramian E., Doannio J., Landier J., Aubry J., et *al.,* 2010, Seasonal and regional dynamics of *M. ulcerans* transmission in environmental context: deciphering the role of water bugs as hosts and vectors, PLoS Negl Trop Dis*,* volume 4, e731.

Marion E., Deshayes C., Chauty A., Cassisa V., Tchibozo S., Cottin J., Doannio J., Marot A., Marsollier L., 2011, Detection of *Mycobacterium ulcerans* DNA in water bugs collected outside the aquatic environment in Benin. Medecine Tropicale, n°71, volume 2, pp.169-172

Marion E., Ganlonon L., Claco E., Blanchard S., Kempf M., Adeye A., Chauty A., 2014, Establishment of qPCR and culture laboratory facilities in a field hospital in Benin : one year results. Journal of clinical Microbiology, n°52, pp.4398-4400

Marsollier L., Aubry J., Milon G., Brodin P., 2007, Punaises aquatiques et transmission de *Mycobacterium ulcerans*, Medecine/science, n°23(6-7), pp. 572-575.

Marsollier L., Rober R., Aubry J., Saint Andre J-P., Kouakou H., Legras P., Manceau A-L., Mahaza C., Carbonnelle B., 2002, Aquatics insects as a vector for *Mycobacterium ulcerans*. Appl Environ Microbiol, n°68, pp.4623-4628.

Marston B-J., Diallo M-O, Horsburgh C-R Jr., Diomande I., Saki M-Z., Kanga J-M., Patrice G., Lipman H-B., Ostroff S-M., Good R-C., 1995, Emergence of Buruli ulcer disease in the Daloa region of Côte d'Ivore. Am J Trop Med Hyg, N°52, pp. 219-224.

Michel R., Sondaz D., Philip J-M., Calvet F., Daoud W., 2011, Le bassin versant du fleuve Sénégal, situation sanitaire en 2010, Méd. Trop, n°71, pp.123-128.

Nackers F., Johnson R-C., Glynn J-R., Zinsou C., Tonglet R., Portaels F., 2007, Environmental and health-related risk factors for *Mycobacterium ulcerans* disease (Buruli ulcer) in Benin, The American journal of tropical medicine and hygiene. N°77, volume 5, pp. 834-836.

Peretz H., 2004, Les méthodes en sociologie. L'observation, Paris : La Découverte, 128 p.

Portaels F., Elsen P., Guimaraes-Peres A., Fonteyne P-A., Meers WM., 1999, Insects in the transmission of *Mycobacterium ulcerans* infection, The Lancet.

Portaels F., Chemlal K., Elsen P., Johnson P-D., Hayman J-A., Hibble J., Kirkwood R., Meyers W-M., 2001, *Mycobacterium ulcerans* in wild animals. Rev Sci Tech, n°20, pp.252-264.

Pouillot R., Matias G., Wondje C-M., et al., 2007*,* Risk factors for buruli ulcer: a case control study in Cameroon » PLoS Negl Trop Dis.

Osei F-B., Duker A-A., 2015. Analysis of Buruli ulcer prevalence in Amansie West Districts : a geostatistical approach. Austin Biom Biostat, 2:1011.

Revill W., Barker D., 1972. Seasonal distribution of mycobacterial skin ulcers, Br J Prev Soc Med, N°26, pp. 23-27.

Rodda N., Bril B., Gonjon A-N., Shim K-E., 2015, Ethnographier le "tour de main". Une proposition méthodologique pour un défi toujours actuel, Association Ethnographique, La part de la main, n°31.

Vincent Q-B., Ardant M-F., Adeye A., et al., 2014, Clinical epidemiology of laboratory confirmed Buruli ulcer in Africa : a cohort study. Lancet Glob Health, volume 2, pp. 422-430.

Wagner T., Benbow M-E., Burns M., et al., 2008*,* A landscape-based model for predicting *Mycobacterium ulcerans* infection (Buruli Ulcer disease) presence in Benin, west Africa, Ecohealth, volume 5, pp. 69-79

Wallace J-R., Mangas K-M., Porter J-L., Marcsisin R., Pidot S-J., Howden B., et al.,

2017, *Mycobacterium ulcerans* low infectious dose and mechanical transmission support insect bites and puncturing injuries in the spread of Buruli ulcer, PLoS Negl Trop Dis. N°11.

Walsh D-S., Portaels F., Meyers W-M., 2008, Buruli ulcer (Mycobacterium ulcerans infection). Trans R Soc Trop Med Hyg, n°102, pp. 969-978.

World Health Organization (WHO), 2006, Regional office for Africa. Guideline for controlling Buruli ulcer in the African region, Harare.

World Health Organization (WHO), 2008, Buruli ulcer: progress report, 2004-2008, Wkly Epidemiol Rec, n°83, pp.145-54.

World Health Organization (WHO), 2019, World Health Statistics 2019: Monitoring health for the SDGs, pp.23-31.

Williamson H-R., Mosi L., Donnell R., Aqqad M., Merritt R-W., Small P-L., 2014, *Mycobacterium ulcerans* fails to infect through skin abrasions in a guinea pig infection model: implications for transmission, PLoS Negl Trop Dis.

Yotsu R-R., Murase C., Sugawara M., Suzuki K., Nakanaga K., Ishii N., Asiedu K., 2015, Revisiting Buruli ulcer. J Dermatol volume 42, pp. 1033-1041.

Zingue D., Bouam A., Tian RDB., Drancourt M., 2018, Buruli ulcer, a prototype for ecosystem related infection, causes *Mycobacterium ulcerans*. Clin Mycrobiol Revu, volume 31, Issue 1, 52 p.