



HAL
open science

Des moustiques et des hommes. Les territoires du paludisme à Tori-Bossito (sud du Bénin)

Charlotte Pierrat

► **To cite this version:**

Charlotte Pierrat. Des moustiques et des hommes. Les territoires du paludisme à Tori-Bossito (sud du Bénin). Géographie. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 2010. Français. NNT : . tel-00591841

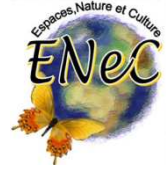
HAL Id: tel-00591841

<https://theses.hal.science/tel-00591841>

Submitted on 10 May 2011

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.



UNIVERSITÉ PARIS 1 PANTHÉON SORBONNE

École doctorale de Géographie de Paris – ED 434

UMR 8185 CNRS – ENEC – Espaces, Nature et Culture

Thèse présentée pour l'obtention du grade de

Docteur en Géographie de l'Université Paris 1

Par **Charlotte PIERRAT**

Sous la direction du Professeur Martine TABEAUD

DES MOUSTIQUES ET DES HOMMES

LES TERRITOIRES DU PALUDISME À TORI-BOSSITO

(SUD DU BÉNIN)

Soutenue publiquement le 30 novembre 2010

En présence du jury composé de :

Jean-Philippe CHIPPAUX – Directeur de recherche en Santé Publique, IRD - UMR 216

Alain DUBRESSON – Professeur de Géographie, Université Paris X - EA 375 « GECKO »

André GARCIA – Directeur de recherche en Épidémiologie, IRD - UMR 216 (Co-directeur)

Christophe ROGIER – Directeur de recherche en Épidémiologie, IRBA et Université de la Méditerranée - UMR 6236

Martine TABEAUD – Professeur de Géographie, Université Paris I - ENEC (Directrice de thèse)

À mon père

Remerciements

Je voudrais remercier d'abord Martine Tabeaud, qui m'a fait découvrir la géographie et transmis son goût de l'exigence et de la réflexion ; pour avoir su voir, malgré mes tergiversations, que je prendrai beaucoup de plaisir à faire cette thèse et pour m'y avoir poussé sans se décourager, ce qui n'était pas une tâche facile... Merci pour la confiance qu'elle m'a témoignée et grâce à laquelle j'ai découvert ce qu'est la recherche.

Merci à André Garcia, pour avoir accepté de co-encadrer cette thèse, pour sa passion pour l'épidémiologie et l'Afrique qu'il m'a un tout petit peu transmise... et pour les discussions passionnantes qui ont émergé au fur et à mesure de ce travail ;

Merci aux membres de mon jury de soutenance, Jean-Philippe Chippaux, Alain Dubresson et Christophe Rogier, pour avoir accepté de se pencher sur mon travail ;

Merci aux membres de mon comité de thèse, Pascal Handschumacher, Hélène Géroyannis, Hugo Pilkington, Gilles Cottrell, pour m'avoir accompagné de leurs remarques pertinentes pendant ces trois ans ;

Un merci spécial à Hélène Geroyannis qui m'a fait découvrir avec toute sa patience la télédétection, pour sa disponibilité durant ces trois années et son aide précieuse sur les nombreuses questions que je me suis posées lors de mes analyses d'image satellite ;

Merci à Michel Cot, pour m'avoir témoigné sa confiance en m'accueillant dans l'UR010, et pour m'avoir permis de participer à cette aventure béninoise. Je n'oublierai pas que c'est aussi grâce à lui que j'ai découvert que les ananas ne poussaient pas dans les arbres, lors d'un premier séjour de terrain aussi riche en découvertes que tous ceux qui ont suivis... !

Merci à Gilles, pour avoir partagé avec moi les verres de *Sodabi* aux pires heures de la brousse... et pour sa patience à essayer de comprendre la logique des géographes !

Un merci tout spécial à Agnès le Port et Célia Dechavanne, pour l'accueil qu'elles m'ont réservé à mon arrivée au Bénin, pour leur amitié, et surtout pour leur dévouement au terrain, sans lequel une énorme partie des données de ce travail n'auraient pas existé. Nous avons partagé ensemble l'expérience de notre cher terrain de Tori-Bossito, je ne l'oublierai pas ! Merci aussi aux internes José Guerra, Isabelle Choudat et Antoine Rachas, pour leur participation au travail de terrain et leur amitié. Merci aussi à Carine pour son accueil dans le super appartement de Fidjrossé à Cotonou ; et à Marcelin pour m'avoir conduite avec patience sur les routes de Tori ;

Je remercie mes parents pour le goût de la curiosité intellectuelle qu'ils m'ont donné et le virus des voyages qu'ils m'ont transmis, et à ma mère et ma soeur Marilou pour leur soutien durant ces trois années de cet exercice un peu particulier...

Merci à Damien, pour son aide précieuse lors de la rédaction de ce manuscrit (un « geek » à la maison est toujours utile !!), pour nos discussions de chercheurs qui, bien que de disciplines très différentes, me font peu à peu comprendre et aimer la recherche ; mais surtout pour tout le reste, bien plus important, et que je garde pour nous...

Merci enfin à Xavier Browaeys pour son œil toujours aiguisé, ses conseils pertinents et sa disponibilité, et à tous ceux que j'ai oubliés et qui se reconnaîtront, selon la formule !

... et un dernier grand merci à toute l'équipe de l'UMR 216 au Bénin dont je n'oublierai ni l'accueil, ni le goût pour la *Béninoise* (la bière bien sûr !) lors des *après-boulot* dont je me souviendrai !

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	4
TABLE DES FIGURES	7
LISTE DES TABLEAUX	10
TABLE DES ANNEXES	11
INTRODUCTION	12
CHAPITRE 1	
TORI-BOSSITO : CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET ÉPIDÉMIOLOGIQUE	18
1.1 Le programme ANR et la géographie	19
1.1.1 Le contexte épistémologique de l'étude	19
1.1.2 Les principaux buts du programme	21
1.1.3 Le volet environnemental	22
1.1.4 L'appel au géographe : qu'attend-on d'un positionnement de géographe ?	22
1.2 Tori-Bossito, commune rurale du sud du Bénin en zone de paludisme endémique	24
1.2.1 Un choix effectué par les épidémiologistes concepteurs du programme	24
1.2.2 Une commune rurale du sud du Bénin	24
1.2.3 Le contexte épidémiologique	30
1.2.4 Les chiffres épidémiologiques	31
1.3 La cohorte d'étude	33
1.3.1 Le choix de la cohorte	34
1.3.2 Le suivi	36

CHAPITRE 2

LE MILIEU : LES CONDITIONS DE L'ALÉA « PRÉSENCE DE VECTEURS » 37

2.1 Les conditions d'existence des moustiques 39

2.1.1 Les moustiques et leurs captures 39

2.1.2 Les pluies et leur devenir 42

2.1.3 La corrélation pluie - anophèles 50

2.1.4 La température et l'humidité 54

2.2 Les autres éléments du milieu 61

2.2.1 L'écologie vectorielle et la télédétection 63

2.2.2 Les sols 70

2.3 Le « paludisme transmission » : théorie et réalité à Tori 76

2.3.1 La mesure de la transmission 76

2.3.2 Un lien complexe à fine échelle 78

CHAPITRE 3

LES DÉTERMINANTS DU RISQUE PALUSTRE À TORI-BOSSITO 84

3.1 Les déterminants sociaux : des individus ou des familles à risque ? 85

3.1.1 Les déterminants individuels de la vulnérabilité au paludisme 85

3.1.2 Les principales caractéristiques de la population de Tori-Bossito 97

3.1.3 L'organisation territoriale et le risque de transmission : des liens complexes et encore mal connus 104

3.2 Les déterminants spatiaux du paludisme : des territoires à risque ? 106

3.2.1 Le SIG comme outil d'analyse : méthode et données 106

3.2.2 Une concentration des cas de paludisme dans certains villages 111

3.2.3 Les facteurs expliquant la plus grande vulnérabilité des populations des villages du nord de Tori-Bossito 118

3.3 Discussion des résultats 136

3.3.1 Le maillage des données et les échelles d'analyse 136

3.3.2 D'autres indicateurs de l'exposition et de la transmission à intégrer 136

3.3.3 Le suivi épidémiologique : questions statistiques, perdus de vue et refus du recours au soin 137

3.3.4 Les liens entre pauvreté et paludisme	138
3.3.5 Quelles conséquences en matière de prévention et de politiques publiques ?	139
3.3.6 Une réémergence du paludisme ?	142
CONCLUSION	145
BIBLIOGRAPHIE	147
ANNEXE I	150
Personnes ayant participé à l'ANR Tori-Bossito	
ANNEXE II	155
Enquête DHS – Bénin 2006	
ANNEXE III	166
Cahier d'observation des nouveau-nés de la cohorte de Tori-Bossito	
ANNEXE IV	178
Avantages et inconvénients des deux principales méthodes de capture	
ANNEXE V	180
Protocole des analyses au granulomètre laser	
ANNEXE VI	183
Affiche du documentaire : « Les faucheurs de palu », réalisé par Patrice Desenne, avril 2009	

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : Schéma théorique de la transmission du paludisme	15
FIGURE 2 : Situation de Tori Bossito au Bénin	25
FIGURE 3 : Croquis de situation de la commune de Tori-Bossito	26
FIGURE 4 : Carte pédologique de la région	27
FIGURE 5 : Le paysage de savane arbustive à Tori-Bossito	28
FIGURE 6 : Les trois dispensaires et maternités de Tori-Bossito	29
FIGURE 7 : La localisation des 596 nouveau-nés de la cohorte	34
FIGURE 8 : Schéma de la variable « Risque d'exposition »	35
FIGURE 9 : Climats tropicaux et équatoriaux et aires d'endémicité palustre	38
FIGURE 10 : La localisation des points de capture	40
FIGURE 11 : Nombre total d'anophèles capturés par maison sur les 19 missions	42
FIGURE 12 : Les pluviomètres peu espacés dans les neuf villages	43
FIGURE 13 : Variabilité de la quantité de pluie sur les neuf villages de Tori	44
FIGURE 14 : La diversité des installations des pluviomètres	45
FIGURE 15 : La lecture des graduations	46
FIGURE 16 : Carte climatique du Bénin	47
FIGURE 17 : Un unique système convectif sur tout le sud du Bénin le 8 octobre 2007	48
FIGURE 18 : Les hauteurs d'eau recueillies dans les neuf villages le 8 octobre 2007	48
FIGURE 19 : Exemple de taille de nuage et des précipitations associées	49
FIGURE 20 : Schéma théorique des rythmes de pluie selon l'humidité du sol	53
FIGURE 21 : Températures moyennes mensuelles par village	55
FIGURE 22 : Humidité relative moyenne mensuelle par village	55
FIGURE 23 : Modèle climatique ARMA du paludisme en Afrique	58
FIGURE 24 : Saisonnalité des anophèles	60
FIGURE 25 : Moyennes 1960-1900 des précipitations des deux stations nationales entourant Tori et valeurs pour Tori	60
FIGURE 26 : Typologie des gîtes à <i>Anopheles gambiae</i>	62

FIGURE 27 : Image SPOT 5	64
FIGURE 28 : Classification non supervisée sur l'image SPOT 5	66
FIGURE 29 : Paysage mosaïque de Tori-Bossito	67
FIGURE 30 : PVI2 moyen par maison de capture	68
FIGURE 31 : Indice moyen de fragmentation pour chaque maison de capture	69
FIGURE 32 : Corrélation nombre d'anophèles / indice de fragmentation : deux exemples	70
FIGURE 33 : Situation des maisons de capture par rapport au type de sol	72
FIGURE 34 : Le transect des relevés	74
FIGURE 35 : Granulométrie des échantillons	75
FIGURE 36 : Hétérogénéité spatiale de la densité anophélienne	79
FIGURE 37 : Hétérogénéité spatiale des cas de paludisme	80
FIGURE 38 : Nombre d'anophèles capturés et nombre de cas de paludisme avérés à Gbetaga	81
FIGURE 39 : Les déterminants de la santé et des soins	86
FIGURE 40 : Le coin cuisine : abri pour la cuisine (1) ou maison avec foyer à l'intérieur (2)	88
FIGURE 41 : Les zones de bâti, éclatées et denses	89
FIGURE 42 A : Diversité des matériaux de construction	102
FIGURE 42 B : Diversité des abords des maisons	104
FIGURE 43 : Les composantes d'un SIG	107
FIGURE 44 : Concentration des cas de paludisme au nord de Tori-Bossito	114
FIGURE 45 : Répartition des anticorps anti-CSP dans la population des mères des nouveau-nés suivis	115
FIGURE 46 : Répartition du nombre moyen d'anophèles capturés par mission et par maison	116
FIGURE 47 : Cas de deux nouveau-nés n'ayant aucun TDR positif dans le village de Gbetaga	117
FIGURE 48 : Les ethnies de Tori-Bossito	121
FIGURE 49 : La possession de la moustiquaire dans les villages à l'inclusion en 2007	122
FIGURE 50 : La possession de la moustiquaire dans les villages lors de l'enquête fin 2008	123
FIGURE 51 : Niveau de scolarisation des femmes de Tori	124
FIGURE 52 : Niveau de scolarisation des maris de la cohorte	125
FIGURE 53 : Activités des femmes	126
FIGURE 54 : Activités des maris	127

FIGURE 55 : Distribution des maisons en fonction de la nature du toit	130
FIGURE 56 : Évacuation de l'eau des foyers	131
FIGURE 57 : La présence d'animaux dans les lieux de vie	132
FIGURE 58 : Distance (en mètres) des foyers des enfants aux trois dispensaires	133
FIGURE 59 : Schéma de synthèse des facteurs de vulnérabilité identifiés à Tori-Bossito	135

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : Les faciès épidémiologiques du paludisme	31
TABLEAU 2 : Le rythme des pluies à Tori-Bossito	51
TABLEAU 3 : Tests de corrélation pluie-anophèles	52
TABLEAU 4 : Évolution du climat et des maladies	83
TABLEAU 5 : Les aspects positifs ressentis de l'utilisation de la moustiquaire en Gambie	90
TABLEAU 6 : Les aspects négatifs ressentis de l'utilisation de la moustiquaire en Gambie	91
TABLEAU 7 : Préférences de dépenses des foyers	91
TABLEAU 8 : Déterminants des pratiques de soin	92
TABLEAU 9 : Ressources ayant un impact sur les pratiques de santé	94
TABLEAU 10 : Variables du questionnaire conduit auprès de la cohorte	94
TABLEAU 11 : Données statistiques sur les maisons de capture et celles des nouveau-nés	98
TABLEAU 12 : Données statistiques sur les maisons de capture et celles des nouveau-nés (suite)	98
TABLEAU 13 : Données socio-économiques de la cohorte	100
TABLEAU 14 : Les caractéristiques des données du SIG sur Tori-Bossito	107
TABLEAU 15 : Population des villages de Tori et nouveau-nés suivis	111

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE I	150
Personnes ayant participé à l'ANR Tori-Bossito	
ANNEXE II	155
Enquête DHS – Bénin 2006	
ANNEXE III	166
Cahier d'observation des nouveau-nés de la cohorte de Tori-Bossito	
ANNEXE IV	178
Avantages et inconvénients des deux principales méthodes de capture	
ANNEXE V	180
Protocole des analyses au granulomètre laser	
ANNEXE VI	183
Affiche du documentaire : « Les faucheurs de palu », réalisé par Patrice Desenne, avril 2009	

INTRODUCTION

*"..With tears and toiling breath,
I find thy cunning seeds,
O million-murdering Death."*

(Fragment d'un poème de Ronald Ross, écrit en août 1897, à la suite de sa découverte des parasites responsables du paludisme dans des anophèles nourris sur des patients infectés)

Encore un travail sur le paludisme ! Alors que nombre de chercheurs de disciplines variées se sont déjà penchés sur cette parasitose des pays pauvres, et que des Prix Nobel en ont récompensé les découvertes phares au début du XX^e siècle, de nombreuses populations sont encore victimes de cette maladie dont on ne comprend pas encore tous les tenants et les aboutissants. Si dans l'imaginaire collectif, on croit bien connaître le paludisme, lié aux moustiques et à la « tropicalité », des mécanismes restent en effet à comprendre afin de tenter de juguler cet enjeu de santé publique majeur pour les pays du sud.

La connaissance du paludisme date de l'Antiquité. Les textes écrits qui nous sont parvenus par les historiens (par exemple Hérodote, en 430 av. J.C., qui décrit les fièvres chez les Égyptiens) font mention de fièvres intermittentes attribuables au paludisme en Mésopotamie, en Inde, en Chine et en Europe. On pense d'ailleurs que l'homme moderne en a été la victime depuis son origine (Bruce-Chwatt 1980). C'est Hippocrate (Hippocrate et al 1999) qui le premier a fait le lien entre la présence d'eau stagnante, les marais, et les fièvres bénignes à effets pathogènes. Ce « mauvais air » décrit par Hippocrate montre dès le début l'idée que l'émergence de la maladie est due à des facteurs environnementaux. Les travaux

de Snow, qui à la fin du XIX^e siècle a mis en évidence le lien entre les quartiers de Londres pourvus de pompes à eau et la présence de choléra à proximité, confirment la naissance de la notion d'environnement pathogène. Au-delà de ce rôle du climat et de l'environnement au sens propre, les connaissances sur les agents de l'infection ont aussi progressé depuis l'Antiquité. Celsus (25 av. J.C) et Galien (130-200 après J.C) (Grmek 1994) reprirent les descriptions d'Hippocrate et ont identifié les fièvres tierces malignes, dues à des *Plasmodium* – parasite responsable de l'infection palustre. Ce dernier ne sera découvert qu'en 1880 par Laveran à Constantine. Avant la découverte en 1820 de la quinine, première molécule chimiothérapique pour traiter l'infection, seuls deux moyens de protection, hérités de ces premières conceptions sur l'origine de la maladie, existaient : éviter d'habiter les zones inondables insalubres, et drainer les marais. On ne sait que depuis peu que l'*Artemisia annua* (de laquelle est dérivée l'artémisinine, molécule actuellement présente dans certains traitements) était utilisée en Chine depuis 2000 ans. C'est en 1897 que Ronald Ross, premier Britannique Prix Nobel de Médecine en 1902, et Manson¹ émettent la théorie d'une transmission vectorielle du paludisme par des moustiques. Dès lors, leur destruction devint l'objectif des hygiénistes du XIX^e siècle, prétendant ainsi éradiquer la maladie.

Différentes stratégies ont été mises en place dans les pays du sud pour la lutte antipaludique, guidées par les multiples facettes par lesquelles on a pu envisager la question. Le paludisme est en effet à la fois une maladie et une endémie impliquant des acteurs multiples à des échelles multiples. L'échec, dans les années 1960, de la politique d'éradication des moustiques au DDT² – qui entraînait une forte pollution des sols – a été suivi par l'augmentation des résistances du parasite aux nouvelles molécules utilisées dans les traitements, et des résistances du moustique aux insecticides. Le principal moyen de prévention reste la moustiquaire mais l'efficacité de son utilisation est remise perpétuellement en cause par les difficultés d'utilisation liées à certaines représentations culturelles ou simplement pour des raisons pratiques. Le paludisme reste ainsi aujourd'hui un enjeu de santé publique majeur : il cause un à trois millions de morts par an. C'est l'une des trois grandes maladies touchant les pays du Sud, avec la tuberculose et le SIDA.

¹ Premier président de la Royal Society of Tropical Medicine fondée en 1907

² DDT : dichlorodiphényltrichloroéthane, premier insecticide moderne développé au début de la Seconde guerre mondiale

Parallèlement à la poursuite des recherches sur un potentiel vaccin et des nouveaux traitements, la prévention est aujourd'hui la question centrale dans la gestion de l'épidémie.

Les déterminants évolutifs du paludisme sont indissociables d'une compréhension de la dynamique globale du paludisme dans le monde. En effet, « *les plasmodium humains sont très proches parents de ceux des anthropoïdes africains et rien ne permet de supposer qu'ils n'aient pas co-évolué, en Afrique, jusqu'à la séparation des Homini et des ancêtres des chimpanzés, il y a 6 à 8 millions d'années ; puis les lignées de parasites ont évolué pour leur propre compte lorsque les Homini, bipèdes savanicoles, ont quitté le milieu forestier. Les anophèles savanicoles, complexe Anopheles Gambiae et Anophèles Funestus, qui ne fréquentent pas les sous-bois, ont alors assuré la transmission des plasmodies des hommes. Homini et anthropoïdes ont été écologiquement ségrégués avec leurs parasites. Ces hypothèses sont largement spéculatives car les momies sur lesquelles des traces d'ADN de Plasmodium falciparum ont été observées en Égypte ne datent que du troisième millénaire av. J.C.* » (Miller 1994). Mais ce sont aussi les aspects civilisationnels et culturels du développement de la vie en société qui expliquent le développement du paludisme depuis l'apparition de l'homme. La révolution néolithique, vers - 8000, caractérisée par le développement des cultures et de l'élevage autour des sites favorables, a entraîné la sédentarisation. Le regroupement des hommes a donc joué un grand rôle dans l'endémisation et le développement d'autres maladies transmissibles. Les agglomérations naissantes créèrent un environnement favorable à l'échange rapide et continu des germes pathogènes, d'autant que les cultures, en général au soleil, constituaient des terrains favorables aux vecteurs.

Mais les médecins sont confrontés à une forte hétérogénéité de la transmission, qu'ils ne parviennent pas à expliquer entièrement. Les facteurs de cette variabilité sont encore mal connus. Dans le domaine biomédical, des études ont montré le lien existant entre infection placentaire et risque palustre majoré pour le nourrisson (Le Hesran et al 1997; Mutabingwa et al 2005). Mais l'infection placentaire n'est pas un facteur d'explication suffisant et il n'est pas unique. Plusieurs autres facteurs ne sont pas encore expliqués : le rôle de la nutrition, l'environnement, les données entomologiques, l'existence de co-infections.... Il manque notamment l'intégration de la variation de l'exposition du nouveau-né au parasite.

L'enjeu est bien ici de s'interroger sur ce que la géographie peut apporter à une recherche d'échelle locale sur la transmission du paludisme.

Le paludisme peut être défini comme un risque sanitaire et environnemental. Les mécanismes de la transmission du parasite du moustique à l'homme et de l'homme au moustique sont bien connus (figure 1). Le parasite *Plasmodium falciparum*, qui cause l'infection palustre, a besoin de l'anophèle et de l'homme pour effectuer son cycle complet de développement. L'anophèle, lui, pique pour effectuer les repas de sang nécessaires à son cycle reproductif. C'est à ce moment de la piqûre qu'il devient vecteur du parasite pathogène pour l'homme.

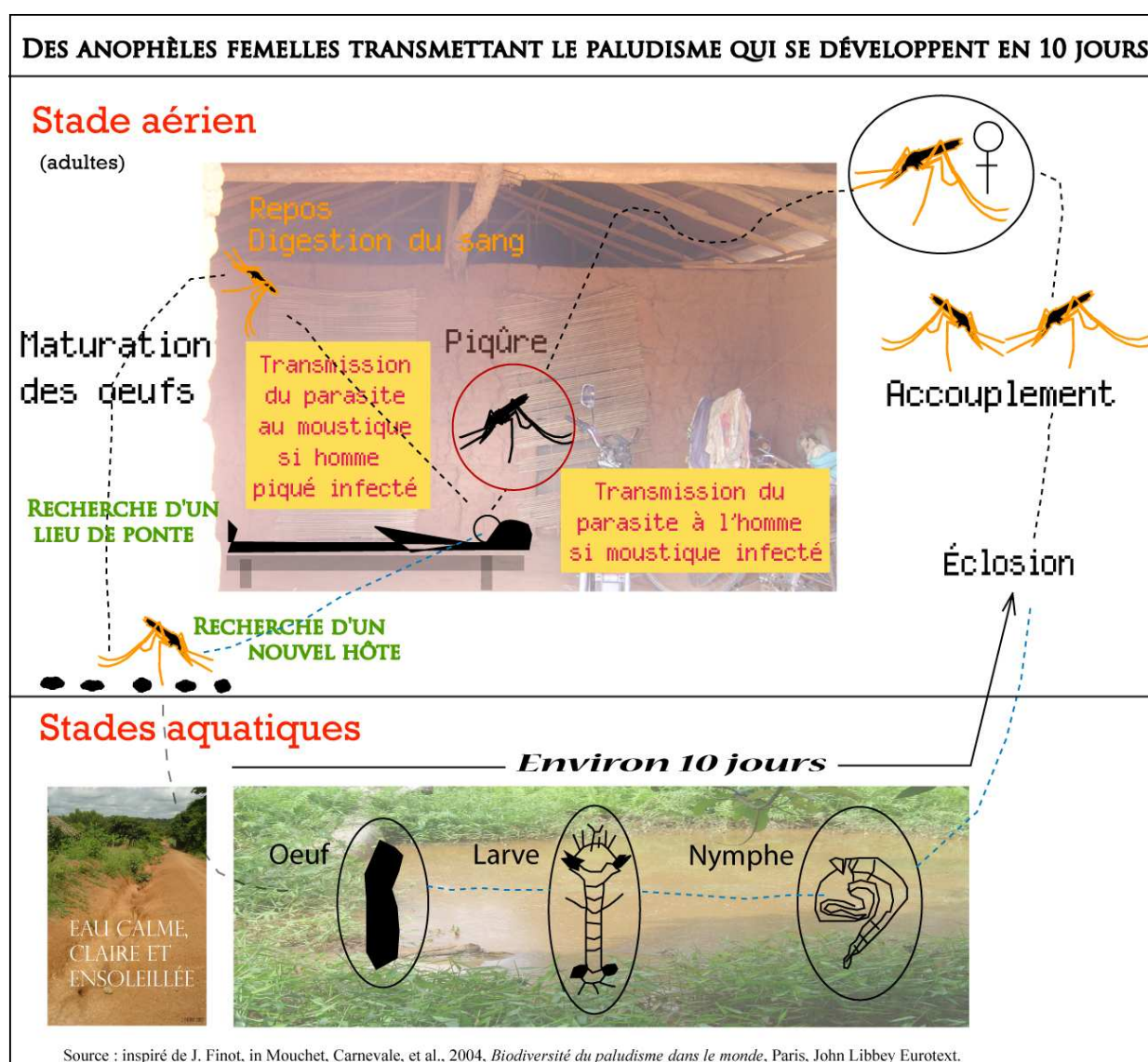


FIGURE 1 : SCHÉMA THÉORIQUE DE LA TRANSMISSION DU PALUDISME

Il ne faut cependant pas, à notre avis, tomber dans une conception déterministe et mécaniste de l'environnement, mais plutôt considérer, à la suite de Pierre Gourou et de son école géographique tropicale, l'arbitraire culturel propre à chaque société. En effet, la notion d'environnement fait référence à la fois à un milieu « naturel » et à une société qui l'occupe, le modèle, se l'approprie. Ces deux composantes sont territorialisées pour parvenir à l'évaluation du risque pour des individus ou des groupes d'individus donnés, à partir de facteurs identifiés.

Les déterminants du paludisme peuvent être définis ainsi à trois niveaux différents : directement « sur le contact homme-vecteur », indirectement « sur le contrôle de la réponse au contact infectant » (vie in-utero, co-infections, apports nutritionnels qui jouent sur la construction de l'immunité naturelle), et enfin, en évaluant la part des facteurs génétiques. Ce qui conduit à distinguer deux types de déterminants environnementaux du paludisme :

- **Des facteurs biologiques** intrinsèques au parasite et à son cycle, et au comportement du parasite chez le vecteur
- **Des facteurs environnementaux :**
 - **Biogéographiques et climatiques :** ils permettent et régissent la répartition des vecteurs et des parasites
 - **Liés aux caractéristiques du territoire :** modes et changement d'occupation du sol, urbanisation, pratiques culturelles et d'élevage....
 - **Humains :** ethniques, démographiques, culturels, migratoires...
 - **Opérationnels :** politiques de lutte anti-vectorielle, d'accès aux soins, communication autour de la prévention, mise en place de traitements préventifs de masse...

Ces déterminants relèvent donc à la fois du milieu et des sociétés, les uns étant attachés à l'aléa, les autres à la vulnérabilité. Ils sont imbriqués dans les espaces appropriés par les sociétés dans leurs territoires. Étudier le paludisme sous l'angle environnemental renvoie donc aux concepts et savoir-faire de la géographie. En effet, le géographe est habitué à croiser des variables « naturelles » et « sociales », à manier l'analyse spatiale, à réfléchir sur les échelles d'espace... Des outils et méthodes mis ici à profit pour tenter d'expliquer l'hétérogénéité spatiale et la variabilité temporelle de la transmission à fine échelle.

Les maillons du cycle épidémiologique ont guidé le cheminement de notre réflexion. Le lieu de l'étude est un village du sud du Bénin, Tori-Bossito. On s'est d'abord interrogé sur ce qui conditionne l'existence du vecteur *Anopheles gambiae*. On s'est ensuite demandé pour quelles raisons certains individus deviennent malades. Il faut en effet pour qu'il y ait infection palustre que les individus soient piqués par les anophèles infectés par le parasite – certaines heures étant plus favorables que d'autres –, et que les individus concernés ne soient pas protégés ou soignés rapidement par des médicaments efficaces. On a donc cherché à identifier des facteurs de vulnérabilité, qu'ils soient d'ordre socio-économique ou culturel. Enfin, une analyse spatiale a été menée afin d'identifier les territoires à risque, en combinant dans un diagnostic territorial les facteurs de vulnérabilité.

CHAPITRE 1
TORI-BOSSITO : CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET
ÉPIDÉMIOLOGIQUE

1.1 LE PROGRAMME ANR ET LA GÉOGRAPHIE

1.1.1 Le contexte épistémologique de l'étude

Comme nous l'avons vu, le paludisme reste un enjeu majeur de santé publique pour les pays d'Afrique sub-saharienne. L'intérêt encore porté à cette maladie peut être évaluée à l'aune des nombreux programmes de recherche existants. D'ailleurs, ce travail de thèse s'inscrit dans deux programmes financés : le paludisme a été identifié comme un thème majeur par le dispositif FSP - Fonds de Solidarité Prioritaire du Ministère de Affaires Etrangères français¹, qui a permis de financer le programme REFS (Recherche en Entomologie, Formation et Stratégies de prévention : le cas du paludisme et de la trypanosomiase humaine africaine (THA) en tant que « programme mobilisateur » (contributions à des thèmes sectoriels transversaux de développement). L'amplification de l'effort de recherche et de formation en entomologie médicale est désormais une priorité absolue pour aider à la décision stratégique des Programmes Nationaux de Lutte (en matière de lutte anti-vectorielle), dont l'implication est croissante depuis la disparition progressive des programmes verticaux et centralisés de lutte contre les grandes endémies. C'est un programme de formation et de recherche conjoint entre :

- deux instituts régionaux d'Afrique occidentale : l'IRSP (Institut Régional de Santé Publique) de Ouidah (Bénin) et le CIRDES (Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide) de Bobo Dioulasso (Burkina Faso),
- deux instituts nationaux au Bénin : le CREC (Centre de Recherches Entomologiques de Cotonou) et l'ISBA (Institut des Sciences Biomédicales appliquées),
- les Programmes Nationaux de Lutte contre le Paludisme au Bénin et contre la THA au Burkina Faso et en Guinée,
- l'IRD (UMR 216 Paris-Descartes, ex-UR 010, UR 016 et UMR 177),
- la Coopération française.

¹ Le Fonds de Solidarité Prioritaire (FSP) est l'instrument de l'aide-projet du ministère des Affaires étrangères. Issu de la réforme du dispositif de la coopération française, il remplace le fonds d'aide et de coopération. Il a pour vocation de financer, par dons uniquement, l'appui apporté par le ministère des Affaires étrangères aux pays de la zone de solidarité prioritaire (ZSP) en matière de développement institutionnel, social, culturel et de recherche.

Le programme a été financé pour une durée de trois ans (2007-2009) par le Ministère français des Affaires étrangères via ce Fonds de Solidarité Prioritaire. La coordination a été assurée par Marie-Claire Henry, assistante technique, basée au CREC¹. L'objectif principal du projet visait à mener des recherches opérationnelles en vue de proposer aux programmes nationaux des stratégies de lutte plus efficaces, et profiter de ces recherches pour former des cadres à même de pérenniser ces actions de lutte.

Outre ce contexte institutionnel, la recherche, effectuée dans le cadre d'une thèse inscrite à l'Université Paris 1 (laboratoire ENEC – Espace, Nature et Culture, UMR 8185 CNRS) a principalement profité d'un deuxième programme, qui a permis la conduite de l'ensemble du travail de terrain. Il a été financé par l'ANR (appel d'offre 2006) intitulée : « Survenue des premières infections palustres chez le nouveau-né : déterminants génétiques, biologiques et environnementaux », sous la responsabilité du Dr. André Garcia² (UMR 216 IRD - Paris-Descartes). Son objectif est d'identifier, parmi les facteurs de risque génétiques, biologiques et environnementaux, ceux qui interviennent dans le développement de la réponse immunitaire et dans la variabilité des premières réponses à l'infection palustre.

Une approche pluridisciplinaire a été menée croisant :

- (i) un suivi d'environ 600 nourrissons pendant les premiers 18 mois de vie et un recueil de données concernant les accès palustres, lors de visites mensuelles et trimestrielles ;
- (ii) une étude entomologique : organisation de captures de moustiques dans les villages ; distinction des espèces ; détermination du taux d'infection des anophèles (méthode immuno enzymatique ELISA – CSP) ;
- (iii) une étude des facteurs environnementaux, liés d'une part à la densité vectorielle du paludisme et d'autre part à la vulnérabilité des populations, et expliquant la variabilité de la transmission dans la région de Tori-Bossito : recueil de données climatiques (pluviométrie), caractéristiques du milieu (indice de végétation, type de sol) et de la maison (habitudes de vie, caractéristiques de l'habitat) ;

¹ Centre de Recherche Entomologique de Cotonou.

² Partenaires associés : pour la France : INSERM, Université Paris 1 ; Pour le Bénin : Programme National de lutte contre le Paludisme, Université Abomey-Calavi, Faculté des Sciences de la Santé de Cotonou, et Centre de Recherches Entomologiques de Cotonou (voir annexe I : personnes ayant participé à l'ANR Tori-Bossito).

(iv) un volet biologique : étudier le développement de la réponse immunitaire spécifiquement dirigée contre *Plasmodium falciparum* et son contrôle génétique.

Ce programme s'est particulièrement penché sur les déterminants environnementaux du paludisme, en bénéficiant des données épidémiologiques sur les cas réels de paludisme observés entre 2007 et 2010.

1.1.2 Les principaux buts du programme

Le programme repose sur une étude de cohorte qui doit permettre de comprendre les déterminants à la fois génétiques, biologiques et environnementaux de l'apparition du paludisme chez les nouveau-nés de la commune rurale de Tori-Bossito, composée de neuf villages, dans la plaine côtière du sud du Bénin.

Le programme a été proposé en réponse à un appel d'offre ANR : « Santé/environnement/santé du travail ». Il se base sur trois études (Le Hesran et al 1997; Mutabingwa et al 2005; Schwarz et al 2008) qui ont montré que l'infection placentaire entraînait des infections plus fréquentes et plus tôt chez les nouveau-nés, résultats contraires à la logique intuitive menant à penser que le contact *in utero* avec des antigènes parasitaires pourrait induire une réponse anticorps plus précoce chez ce nouveau-nés. En Tanzanie, Mutabingwa est parvenu à la même constatation, en y incluant de plus le rôle du rang de gestation. Cependant, dans ces différents programmes le rôle de l'environnement n'a pas été étudié, ou alors il l'a été de façon extrêmement approximative. L'enjeu de ce nouveau programme de recherche a été de reprendre cette analyse en intégrant d'autres facteurs, notamment le volet environnemental pour tester la variabilité d'exposition des sujets de la cohorte au risque palustre, et le volet nutritionnel, grâce à l'utilisation de modèles statistiques qui permettent de prendre en compte l'ensemble des événements qui surviennent lors des 18 mois de vie suivis.

Les objectifs du programme sont donc de quatre ordres :

- Identifier les facteurs de risque : environnementaux, nutritionnels, et biologiques,
- Comprendre la cinétique d'apparition de la réponse immune,
- Étudier l'existence de facteurs génétiques,

- Proposer des mesures de santé publique.

Pour atteindre ces objectifs, une équipe de recherche pluridisciplinaire (constituée d'unités de l'IRD, de l'INSERM et du CNRS) a été mise en place afin d'aborder cette problématique complexe. Plusieurs volets ont ainsi été initiés : (1) épidémiologique : surveillance des nouveau-nés sur 18 mois, mesure des facteurs de risque et mesures biologiques (immunologie et génétique) ; (2) nutritionnel, afin d'évaluer les apports et leur variabilité ; (3) entomologique, afin de mesurer la densité anophélienne au moyen de captures effectuées selon le protocole OMS (capture sur homme) ; et (4) un volet environnemental.

1.1.3 Le volet environnemental

Plus spécifiquement, le but de ce volet « environnemental » est d'identifier et de modéliser l'ensemble des facteurs (climatiques, biogéographiques, sociaux...) déterminant la variabilité spatiale et temporelle du risque palustre au sein de la zone d'étude de Tori-Bossito. Un diagnostic territorial à l'échelle des villages, en descendant parfois jusqu'à l'échelle de la maison, a permis avec des outils spécifiques au géographe d'identifier les différentes variables pertinentes dans la définition du risque. Le travail en collaboration avec des biostatisticiens (sous la direction de Gilles Cottrell) s'attache à produire une analyse statistique pour identifier les variables les plus pertinentes. La phase de recueil des données sur le terrain s'est achevée en janvier 2010. Ces informations permettront de mieux comprendre la dynamique d'apparition et d'expression des infections palustres, afin de proposer des interventions en santé publique permettant de protéger prioritairement les groupes à risque ou d'éviter la constitution de situations à risque.

1.1.4 L'appel au géographe : qu'attend-on d'un positionnement de géographe ?

Les épidémiologistes ayant conçu ce programme cherchent à déterminer la part des facteurs génétiques dans la susceptibilité et donc réceptivité au paludisme. Ils ont besoin de savoir le degré d'exposition de tel ou tel individu de la cohorte. Éliminer un biais

environnemental¹, c'est le but recherché en faisant appel à la géographie dans cette étude. Comme les déterminants du paludisme sont de caractère multi-échelles et font intervenir différents niveaux d'acteurs, pour les analyser, le géographe peut appliquer ses outils et ses méthodes spécifiques. La géographie, pour Sautter, est « l'étude simultanée de la spatialisation de la société et de la socialisation de l'espace » (Sautter 1973). Cette discipline tente de comprendre les processus de construction territoriale, en considérant que l'espace n'est pas un objet « naturel » de recherche. C'est bien ce qui est en jeu ici : comment comprendre les processus de construction des caractéristiques spatio-temporelles des maladies, en évitant tout surdéterminisme naturel ?

L'épidémiologie des facteurs de risque ne parvient pas toujours à donner du sens aux causes sociales, territoriales, culturelles... du risque. Pour répondre aux questions des épidémiologistes, le géographe se doit de reformuler le questionnement : « Pourquoi ici et pas là ? » (Sorre 1933) ; « de quelle manière le lieu joue-t-il ? » ; « quelles sont les interrelations entre les dynamiques de la santé et les dynamiques territoriales ? » Les modèles de prédiction élaborés jusqu'à maintenant, utilisant principalement les aléas climatiques saisonniers, ne parviennent pas à expliquer entièrement cette hétérogénéité. Cette étude réfléchit aux enjeux des facteurs sociaux-environnementaux du risque à échelle fine. Le but est de cibler les populations et les moments à risque sur un espace donné. Il s'agit donc de définir ce qu'on pourrait appeler des territoires temporalisés du risque palustre.

Nous avons choisi de combiner les facteurs du milieu naturel (milieu physique et formations végétales) et les facteurs socio-économiques de l'environnement, en combinant une approche géographique du risque et une approche statistique à micro-échelle, afin d'évaluer au mieux la part des indicateurs environnementaux multi-échelles et multi-acteurs.

¹ Biais, terme d'épidémiologie entendu ici comme un facteur de confusion qui perturbe l'association entre l'exposition étudiée et la maladie. Une variable est un facteur de confusion si elle est liée à l'exposition étudiée et si elle est associée à la maladie chez les non-exposés. Il est possible de contrôler un facteur de confusion au niveau de la planification de l'étude et au niveau de l'analyse.

1.2 TORI-BOSSITO, COMMUNE RURALE DU SUD DU BÉNIN EN ZONE DE PALUDISME ENDÉMIQUE

1.2.1 Un choix effectué par les épidémiologistes concepteurs du programme

Le site choisi résulte d'un choix à la fois « pragmatique » (Tori-Bossito est à 1 h 30 de voiture de Cotonou) et « scientifique » : c'est une région rurale, les zones rurales étant davantage touchées par le paludisme que les zones urbaines, même si dans ces dernières le paludisme est en constante augmentation depuis une vingtaine d'années. D'ailleurs la paludisme urbain fait l'objet d'un intérêt relativement récent encore et centré sur la compréhension des gîtes favorables aux anophèles en ville. Cette approche surdétermine sans doute le milieu au détriment des modes de vie. La question de la réémergence du paludisme dans les zones urbaines est certainement plus complexe... Tori-Bossito correspond à une « zone » de transmission stable du paludisme dans un contexte rural, traditionnellement associé à une forte transmission. Mais c'est aussi une région plus ou moins « oubliée » jusqu'à maintenant des programmes de santé publique. Elle n'avait pas, avant le début de l'étude, bénéficié par exemple de distribution de moustiquaires imprégnées (première campagne de distribution fin 2007) et elle ne participait jusqu'à présent à aucun programme de recherche en santé publique. Un secteur donc favorable à la mise en place d'une telle étude à proximité de Cotonou, siège logistique du programme.

1.2.2 Une commune rurale du sud du Bénin

L'étude porte sur la commune de Tori-Bossito, située dans la partie méridionale du Département de l'Atlantique, dans la plaine côtière du sud du Bénin (figure 2). La monographie de la commune de Tori-Bossito donne les informations suivantes (Ahlonso & Houndonougbo 2005). La commune se trouve entre la commune d'Allada au nord et celle de Ouidah au sud, et entre Abomey-Calavi (à l'est) et Kpomassè (à l'ouest). Sa superficie, de 328 km², représente environ 1/10^e de la superficie totale du département de l'Atlantique. Elle se situe en outre à 40 km de Cotonou, la capitale économique du Bénin. Elle compte six arrondissements (Avamè, Azohouè-Aliho, Azohouè-Cada, Tori-Bossito, Tori-Cada et Tori-Gare) et quarante-sept villages et quartiers de ville. La commune comptait 44 569 habitants

en 2002, date du dernier recensement (Association Nationale des Communes du Bénin 2008).



FIGURE 2 : SITUATION DE TORI BOSSITO AU BÉNIN

Le réseau hydrographique à Tori-Bossito est peu fourni. Il est constitué essentiellement de marécages qui en période « hivernale » constituent de véritables plans d'eau. En climat subtropical à quatre saisons, l'hivernage correspond aux mois de la petite (septembre-octobre) et de la grande (avril à juillet) saison des pluies. La concentration de fortes précipitations sur ces quelques mois entraîne la stagnation de grandes quantités d'eau dans les dépressions du terrain. Ces marécages prennent leur source la commune d'Allada (Aoutè) et traversent les arrondissements d'Avamè, Tori-Cada, Tori-Gare et Tori-Bossito.

La commune de Tori-Bossito se trouve en partie sur la dépression de la Lama. La topographie se compose (figure 3) d'une zone de plateau au nord, à l'ouest et au centre, d'une zone de vallée à l'est, d'une zone de dépression au sud, et d'une zone marécageuse (bas-fond) s'étendant d'Avamè à Gbetaga.

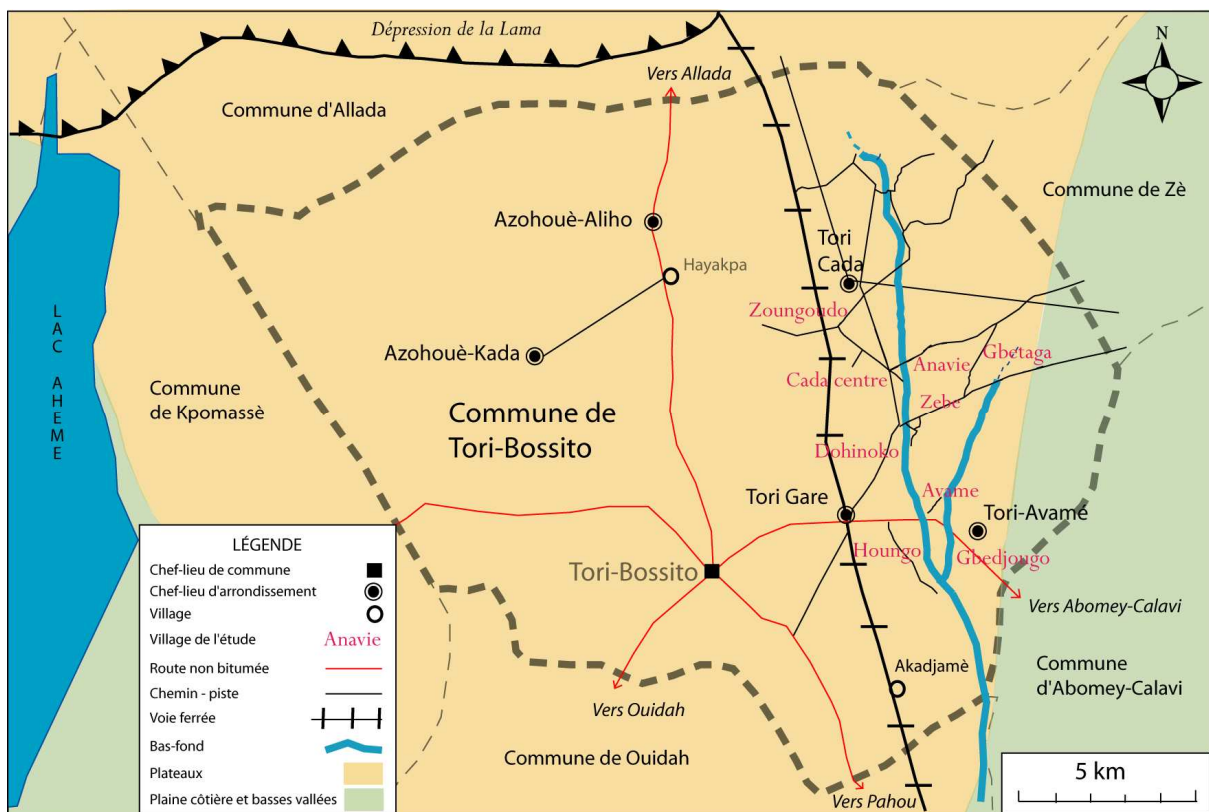


FIGURE 3 : CROQUIS DE SITUATION DE LA COMMUNE DE TORI-BOSSITO

Le sol est composé d'éléments minéraux et organiques servant de support à la végétation. Plusieurs types de sols (figure 4) sont identifiés dans la commune de Tori-Bossito, dont des

sols ferrallitiques surtout au nord, des sols hydromorphes surtout à l'est et l'extrême ouest, des vertisols surtout au sud, et quelques sols ferrugineux tropicaux à l'ouest. « Les seules ressources minières exploitables sont le sable et le gravier, utilisables de façon artisanale comme matériaux de construction » (Ahlonsou & Houndonougbo 2005) car le nord de la commune est située sur le grès du Crétacé et le sud sur une dépression constituée de sédiments argileux.

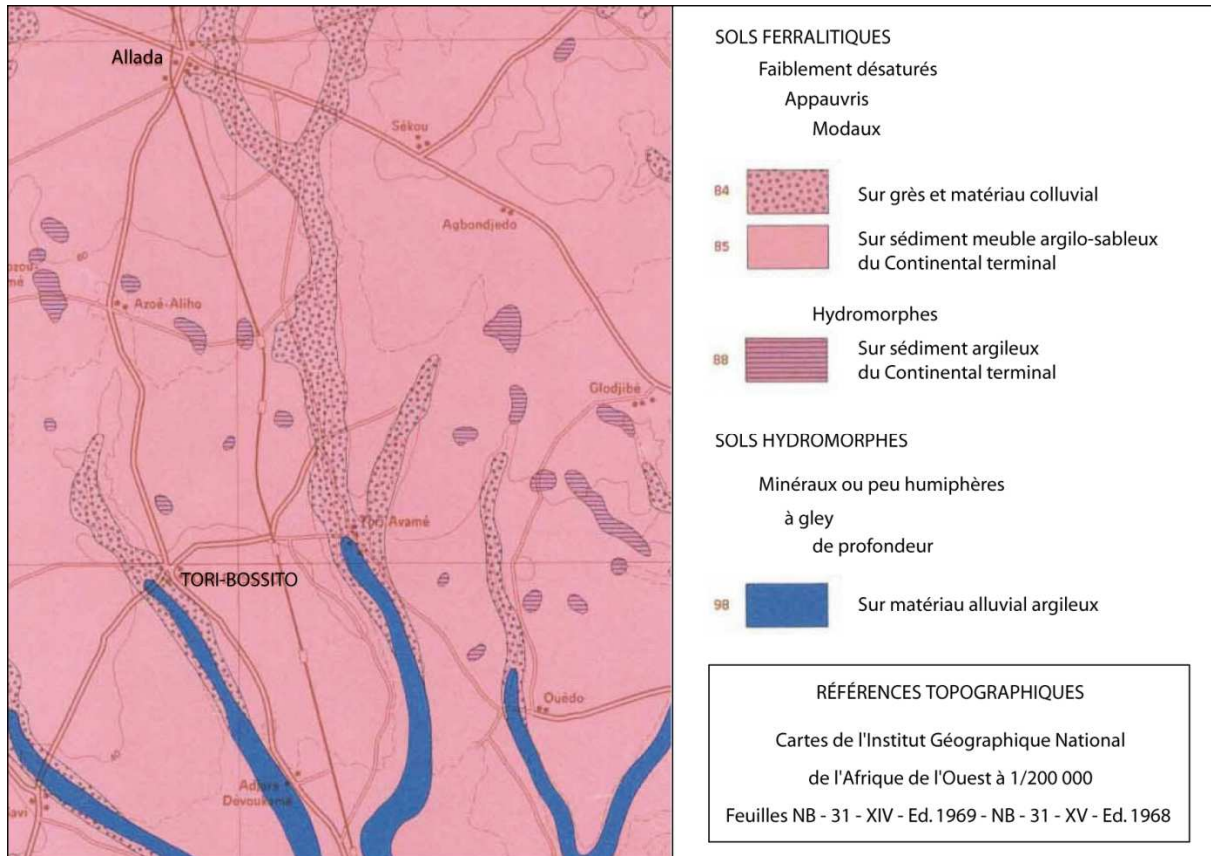


FIGURE 4 : CARTE PÉDOLOGIQUE DE LA RÉGION

La topographie détermine en partie le découpage pédologique : Le bas-fond est constitué pour sa partie la plus régulièrement inondée sur un sol hydromorphe sur matériau alluvial argileux, et se prolonge vers le nord sur un sol ferrallitique sur grès et matériau colluvial. Les versants de cette petite dépression centrale et le plateau sont recouverts de sols ferrallitiques sur sédiment meuble argilo-sableux du Continental terminal.

La végétation « climacique » est une savane arbustive plus ou moins clairsemée. Tori-Bossito reste encore relativement arborée. Toutefois, une dégradation accélérée du couvert végétal caractérise la période récente, à cause de la forte densité de la population. Les sous-territoires de la commune (villages) sont homogènes de ce point de vue (figure 5).



FIGURE 5 : LE PAYSAGE DE SAVANE ARBUSTIVE À TORI-BOSSITO - © C. Pierrat, 2009

Ormis les ressources en sable et graviers déjà mentionnées, la commune exploite une source d'eau thermale via l'usine béninoise d'eau minérale FIFA. Les populations vivent principalement de l'agriculture. Les parcelles sont de tailles très variables et accueillent maïs, manioc, patate douce, arachide, niébé. Quelques cultures de rentes existent avec l'arachide et l'ananas principalement. L'élevage fournit en complément volailles, petits ruminants, bovins et caprins (Ahlonso & Houndonougbo 2005).

Du point de vue social, en dehors d'écoles, de services administratifs élémentaires, les infrastructures sanitaires du département se résument aux deux hôpitaux de zones de

Ouidah (au sud) et d'Allada (au nord), secondés par un réseau de dispensaires et de maternités : la commune de Tori-Bossito en compte trois (figure 6).

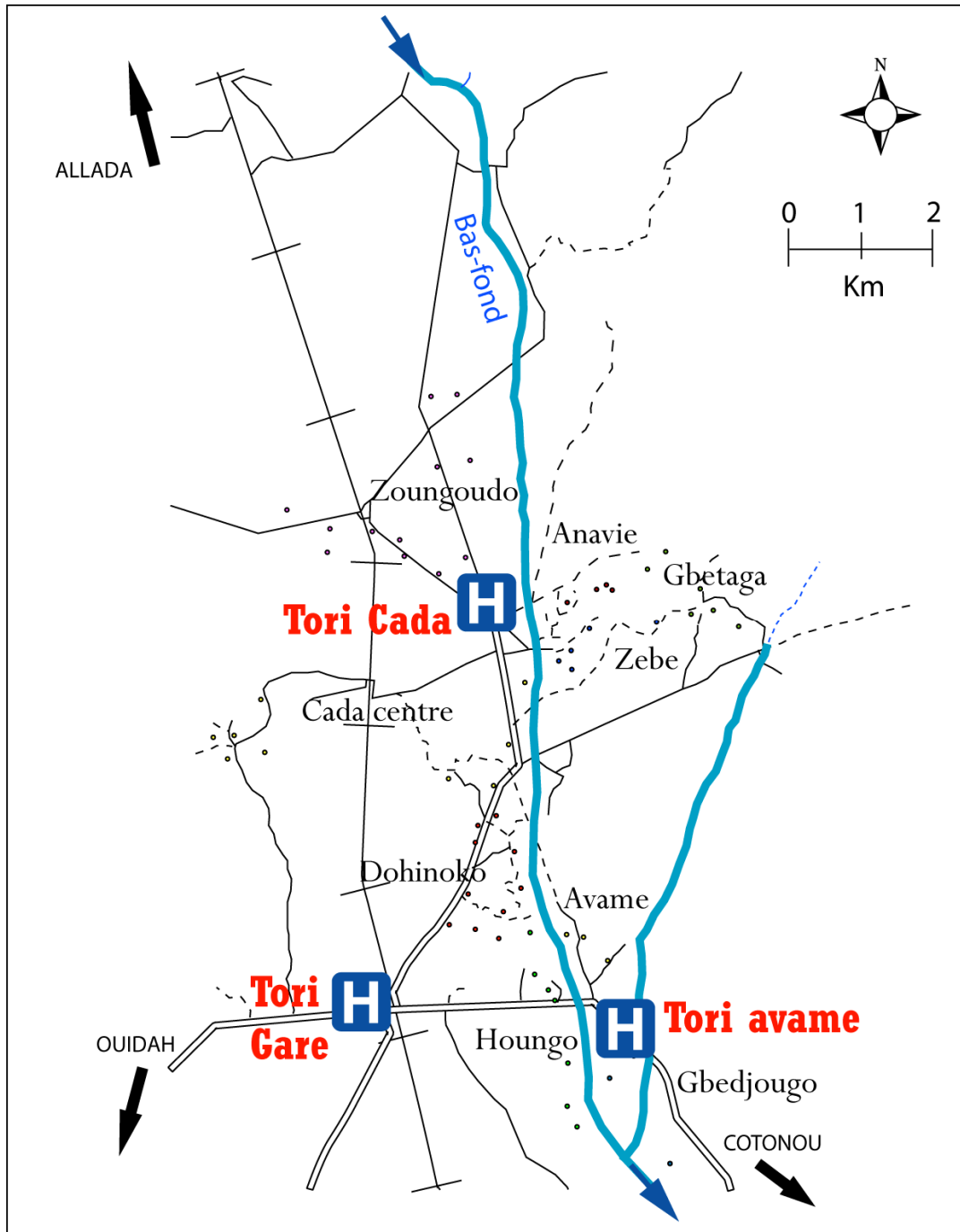


FIGURE 6 : LES TROIS DISPENSAIRES ET MATERNITÉS DE TORI-BOSSITO - Les points indiquent les maisons (principales zones de bâti), les traits les principaux axes de transport.

1.2.3 Le contexte épidémiologique

Tori-Bossito est située en zone de paludisme endémique stable. Les différents profils épidémiologiques du paludisme : paludisme stable et instable, ont été établis par Mac Donald (Mac Donald 1957) en 1957, selon sept paramètres (tableau 1). Cette classification a ensuite été affinée par la notion plus complète de faciès épidémiologique (Carnevale et al 1984) pour mieux traduire la dynamique de la transmission en fonction des variations du biotope. Un faciès est un ensemble de lieux dans lesquels le paludisme présente les mêmes caractéristiques de transmission, de développement de l'immunité et de manifestations pathologiques. En effet, depuis 1992, à la Conférence d'Amsterdam, les chercheurs ont admis la diversité « locorégionale » de l'épidémiologie. La stratification en faciès épidémiologiques, selon l'OMS, prend en compte à la fois les caractéristiques épidémiologiques à l'échelle régionale, et les critères socio-économiques, opérationnels, voire politiques qui ont un impact sur les stratégies de lutte. Ainsi une classification des « zones » d'endémie pour l'Afrique (Mouchet et al 1993) a été construite, en reprenant la classification de Boyd (Boyd 1949) qui définit ses groupes en fonction de la dynamique (continuité, rupture) de la transmission dans l'année. Au sein de la région afrotropicale, Tori-Bossito se situe dans le faciès équatorial. Avec son climat à quatre saisons, Tori connaît des pics épidémiques saisonniers caractéristiques d'une transmission stable lors de la grande et de la petite saison pluvieuse. La saison épidémique mord sur les débuts de la grande saison sèche. La petite saison sèche (aucun mois n'est réellement sec) ne connaît pas de baisse significative des cas de paludisme.

Les conséquences du paludisme sont extrêmement importantes en termes de santé publique. L'OMS a construit un indice appelé DALY : Disability Adjusted Life Years. C'est une mesure des disparités de santé qui étend le concept d'années potentielles de vie perdues par mort prématurée, aux années équivalentes de bonne santé perdues à cause d'un état de maladie ou de mauvaise santé. Le DALY combine le temps vécu avec une maladie et le temps perdu du à une mort prématurée. Un DALY peut être vu comme une année de bonne santé perdue. Le poids d'une maladie se mesure au fossé entre le statut de santé réel et une situation idéale où tout le monde vivrait vieux sans maladie. En termes économiques, ce sont 12 milliards de \$ dans les budgets des pays africains qui partent dans la lutte contre le paludisme (UNICEF 2009).

TABLEAU 1 : LES FACIÈS ÉPIDÉMIOLOGIQUES DU PALUDISME (d'après Mouchet et al. 2004)

CARACTÉRISTIQUES de la transmission	Paludisme STABLE	Paludisme INSTABLE
Endémicité	Très forte dans la plupart des zones Endémicité modérée possible	Faible/modérée Forte endémicité locale possible
Facteur déterminant	Vecteur très anthropophile (<i>gambiae</i> , <i>arabiensis</i> , <i>funestus</i> ...) Bonne longévité Saison de transmission longue	Vecteur peu anthropophile (<i>hyrcanus</i> ...) Faible longévité Saison de transmission courte
Densité critique anophélienne	Peu être très basse : < 1 piqûre/homme/nuit	1 -> 10 (ou plus) piqûres/homme/nuit
Variation saisonnières	Peu prononcées (éventuellement courtes saisons sèches marquées)	Importantes
Incidence du paludisme	<i>Plasmodium falciparum</i> le plus fréquent Fluctuations inter-annuelles peu marquées Fluctuations saisonnières prononcées	<i>Plasmodium vivax</i> le plus fréquent Fluctuations inter-annuelles très marquées
Immunité de la population	Forte Quelques fluctuations selon les localités	Très variable (du fait des fluctuations inter-annuelles) Très faible dans certains groupes de population
Épidémies	Non caractéristiques d'un paludisme stable	Fréquentes, déclenchées par des types de temps épidémiques

Si le poids de la maladie pour le Bénin est difficile à évaluer du fait de la faible fiabilité des chiffres, on peut néanmoins donner une idée des chiffres connus sur le pays et particulièrement le département de l'Atlantique dans lequel se trouve Tori-Bossito.

1.2.4 Les chiffres épidémiologiques

Les principales études épidémiologiques faites au Bénin concernent les régions lagunaires côtières : région de Cotonou, Porto-Novo et lac Ganvié. Cotonou connaît depuis une dizaine d'années une situation originale en Afrique : le paludisme urbain y est plus important que celui des villages alentours (Coluzzi 1993). La cause majeure en est le comblement de la

lagune qui a entraîné un changement de sous-espèce d'anophèles : *An. melas* (habitué aux eaux saumâtres et salées) a laissé place à *An. gambiae*. Le Taux d'Inoculation Entomologique (TIE) était en 1992 (dernière étude épidémiologique de grande envergure dans le sud du Bénin) – (Akogbeto et al 1992a) ainsi d'environ 29 piqûres/homme/an dans Cotonou, pour seulement 5 pi/h/an dans les villages lacustres.

Les chiffres du site Internet du Programme National de Lutte contre le Paludisme¹ du Bénin montrent une situation épidémiologique et un accès aux soins relativement mauvais. En voici quelques uns : en 2001, 18,5 % d'enfants de moins de cinq ans atteints de paludisme bénéficient d'un traitement approprié dans les 24 heures ; 15,1 % d'enfants de moins de cinq ans atteints de paludisme simple sont correctement pris en charge dans les formations sanitaires ; 41,7 % des formations sanitaires sont sans rupture de stock depuis trois mois ; 4,4 % d'enfants de moins de cinq ans dorment sous moustiquaire imprégnée. 5,4 % des ménages ont au moins une moustiquaire imprégnée d'insecticide ; enfin, 43,3 % des femmes enceintes sont sous chimioprophylaxie correcte. Ces chiffres sont les seuls dont on dispose sur l'ensemble du Bénin, et ils sont bien sûr à utiliser avec les précautions d'usage (recensement incomplet des cas et des informations). Néanmoins, ils reflètent une situation bien réelle de faible prise en charge de la maladie, d'un faible accès aux soins, et d'un manque de moyens de protection.

La dernière Enquête Démographie et Santé de l'OMS sur le Bénin date de 2006 (voir Annexe II). Pour les statistiques sanitaires nationales, le paludisme reste au premier rang des affections et constitue 36 % des motifs de recours à une structure de santé dans la population générale, et 41 % chez les enfants de moins de 5 ans. Le PNLP annonçait il y a quelques années pour objectif de réduire de moitié (référence 2001) la morbidité et la mortalité imputables au paludisme d'ici 2010. Au nombre des stratégies retenues, on compte l'introduction des combinaisons thérapeutiques à base d'artémisinine (ACT), dont le COARTEM, pour le traitement du paludisme simple. La quinine est recommandée pour le traitement du paludisme grave, et le Traitement Préventif Intermittent (TPI) à la sulfadoxine pyriméthamine chez la femme enceinte a été mis en place avec un succès relatif. Quant à l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticide, la mise en vigueur en 2007 de la campagne de distribution de moustiquaires a permis d'en distribuer 1 800 000 sur toute

¹ PNLP, dépendant du Ministère de la Santé du Bénin, créé en 1992. <http://www.pnlp.info/>

l'étendue du territoire béninois. La couverture géographique a été celle espérée par les prévisions, et la couverture par rapport aux enfants recensés est de 97,9 %. Pour l'administration de la vitamine A, et de l'Albendazole, les taux de couverture sont respectivement de 98,2 % et 88,3 % (données de la Banque Mondiale, qui a financé une partie du programme).

Le suivi de la cohorte de Tori-Bossito a donné un taux d'incidence du paludisme de 4 cas de paludisme pour 100 enfants-mois (Le Port, A. Garcia, A., *communication personnelle – résultats non encore publiés*).

1.3 LA COHORTE D'ÉTUDE

Le choix du suivi de 600 nouveau-nés sur 18 mois a répondu à un but épidémiologique. C'est en effet dans les premiers mois de la vie que l'enfant construit sa réponse immunitaire. Cette construction complexe dépend de nombreux facteurs comme la quantité de piqûres infectantes reçues, mais également l'âge, les apports nutritionnels, le patrimoine génétique... Mais les mois suivant la naissance sont aussi ceux où le nourrisson bénéficie encore des anticorps maternels (Le Hesran et al 1997; Mutabingwa et al 2005; Schwarz et al 2008). Le but de ce programme étant de comprendre comment les nouveau-nés construisent leur immunité sur ces 18 mois essentiels, il convient donc de prendre aussi en compte les facteurs environnementaux qui induisent des différences d'exposition à la maladie. Pour la réflexion géographique, cette collaboration avec la recherche en épidémiologie permet de bénéficier de données sur les cas réels de paludisme observés sur la zone de Tori et donc de pouvoir valider ou affiner les résultats trouvés.

La première étape a consisté à localiser les 600 nouveau-nés suivis (figure 7). L'appréhension géographique du lieu de vie des individus doit tenir compte de l'espace vécu (Frémont 2008). Si dans le cas du paludisme, seul le lieu réel d'habitation compte, puisque la transmission se fait la nuit, par piqûre, à l'intérieur des maisons, cette question d'espace vécu est tout de même à introduire dans la réflexion puisque « l'espace vécu nocturne » d'un individu adulte masculin peut être multiple. La polygamie étant très répandue, les maris et pères Torri (ethnie majoritaire à Tori) dorment successivement dans les maisons de leurs

diverses épouses. Et cette hétérogénéité est importante puisqu'elle va modifier selon les jours le taux d'occupation des foyers. Or, la densité de population à l'intérieur d'un même foyer module l'intensité de la transmission.

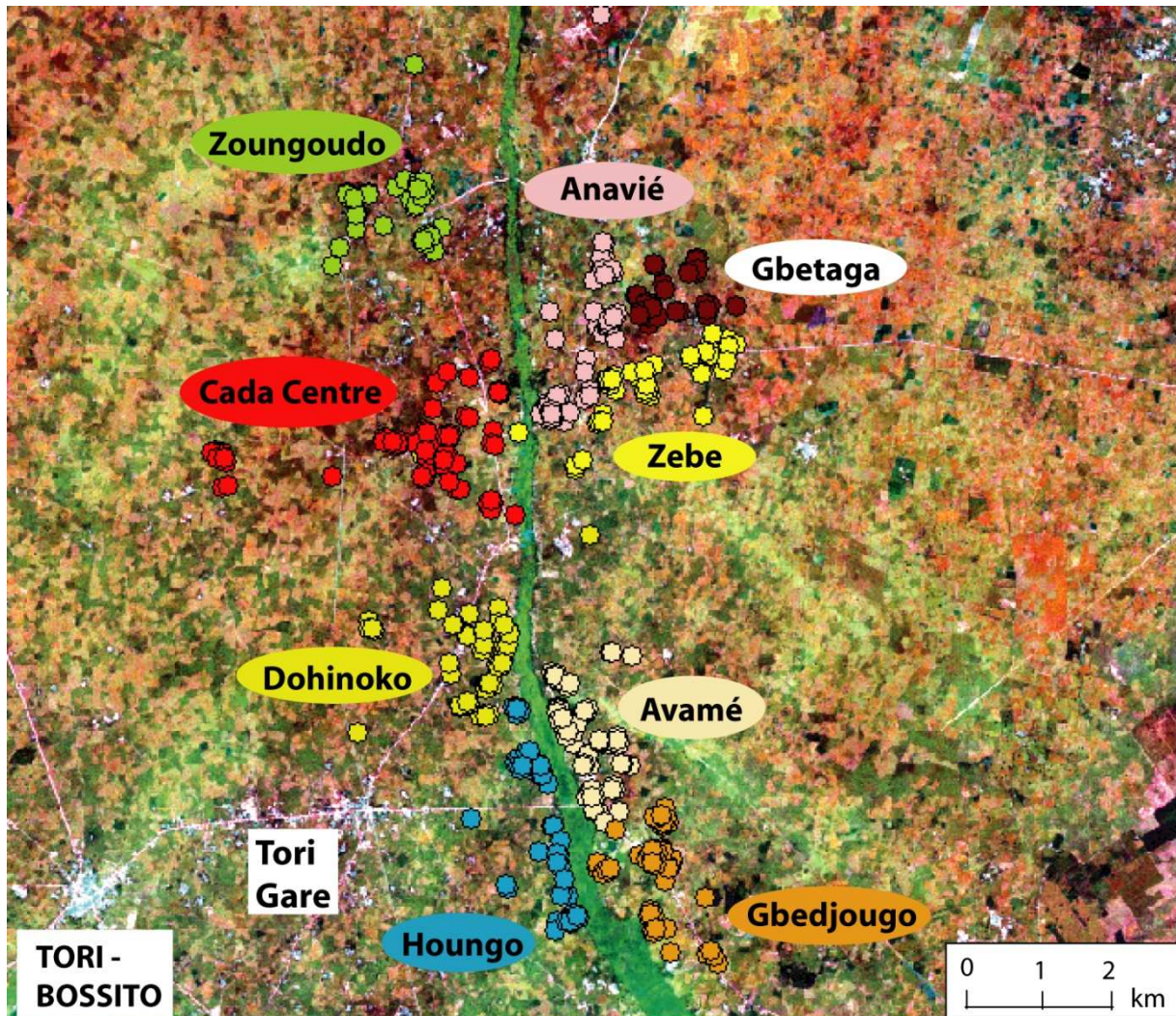


FIGURE 7 : LA LOCALISATION DES 596 NOUVEAU-NÉS DE LA COHORTE – Source : données de terrain, d'après une image SPOT 5 (CNES, 2003, Distribution Spot Image S.A)

1.3.1 Le choix de la cohorte

Pourquoi a-t-on choisi une cohorte de 600 nouveau-nés ? Dans les zones d'endémie palustre, c'est pendant la période précédant l'acquisition d'une immunité, soit les 18 premiers mois de vie, que le risque de développer un paludisme grave est le plus important. La probabilité de parasitémie est cependant très différente selon les sujets, et varie fortement dans le temps et l'espace. Cette variation dépend en partie d'une hétérogénéité

de l'exposition au vecteur (les anophèles), elle-même dépendante de nombreux facteurs, qui forment un système pathogène spécifique au paludisme. Il peut y avoir des fluctuations importantes de situations individuelles dans un même village.

On a donc besoin de mieux évaluer l'exposition au niveau individuel, qui ne peut pas être appréhendée efficacement par le niveau d'infection (densité parasitaire dans le sang d'un individu). Les facteurs environnementaux qui induisent des différences d'exposition à la maladie doivent donc être pris en compte, pour mettre en évidence des facteurs « confondants » qui expliqueraient ce que l'on ne comprend pas.

Quelques mots sur les méthodes statistiques utilisées. Les analyses seront effectuées par des approches régressives multivariées, mixtes ou non. Les délais d'apparition des premières infections sont étudiées au moyen d'un modèle de Cox (Cox 1972) qui permet de chercher l'effet de certains facteurs de risque sur la variabilité des délais de survenue de l'événement étudié (ici la première infection palustre d'un nouveau-né). Le but recherché est l'affectation d'une variable environnementale mesurant le risque d'exposition (RE) pour chaque individu en fonction du lieu et du moment où il naît. La figure 8 schématise l'une des façons de représenter cette variable de risque d'exposition.

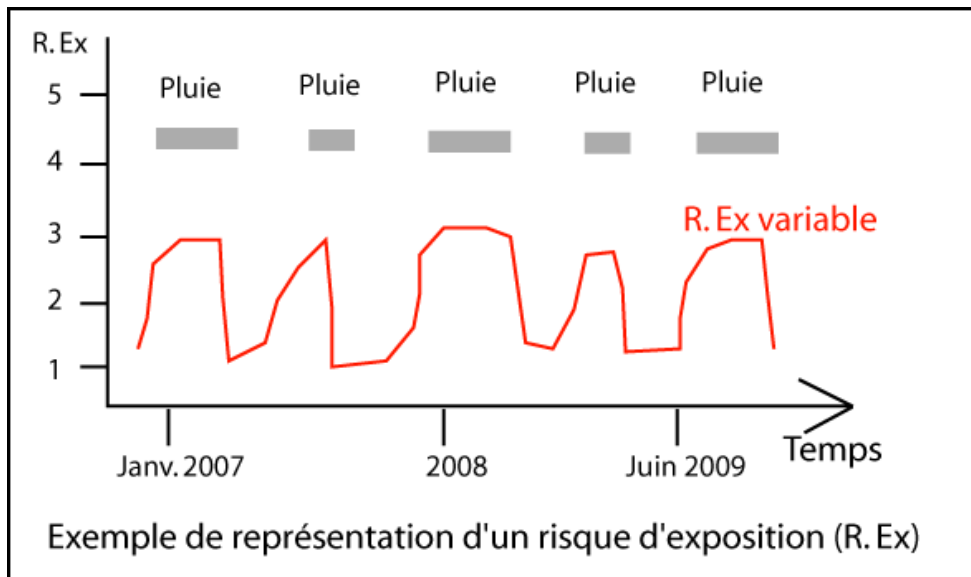


FIGURE 8 : SCHÉMA DE LA VARIABLE « RISQUE D'EXPOSITION » - Source : Agnès Le Port, communication personnelle.

L'effectif de la cohorte espérée a été fixé à 600 nouveau-nés, pour des questions de « puissance » statistique. Nous avons réussi à en maintenir 596 pour l'analyse.

1.3.2 Le suivi

Le suivi de la cohorte est destiné à recenser les cas avérés de paludisme – un accès palustre est défini comme un TDR positif réalisé suite à un antécédent de fièvre –, par un suivi régulier hebdomadaire actif et un suivi passif.

Le suivi actif, assuré par des infirmiers de l'équipe, a consisté en des visites hebdomadaires à domicile durant les 18 premiers mois de vie des nouveau-nés avec questionnaires et prise de température. Une température anormalement élevée (> 37.5 °C) était systématiquement suivie par la recherche de parasites (*Plasmodium falciparum*) dans le sang par la réalisation d'un Test de Diagnostic Rapide (TDR) et d'une Goutte Épaisse (GE) pour confirmer le résultat.

Le suivi passif a été assuré par les visites faites à l'initiative des parents, sur recommandation des infirmiers lors de l'inclusion du nouveau-né dans l'enquête, dès qu'un problème ou une suspicion de problème de santé se posait, pour le nouveau-né comme pour la fratrie.

Tout au long du suivi et dès l'inclusion, un Cahier d'observation (voir Annexe III) a été rempli pour chaque foyer, pour recenser des caractéristiques liées à l'habitat, aux modes de vie, et dater les éventuelles sorties de l'étude.

On a cherché dans cette étude à confronter cette information sur les cas recensés de paludisme dans la cohorte à un risque potentiel d'exposition des nouveau-nés aux vecteurs. L'aléa « densité anophélienne » est l'un des déterminants de ce risque. L'autre volet du risque est le comportement face à cet aléa.

CHAPITRE 2
LE MILIEU : LES CONDITIONS DE L'ALÉA « PRÉSENCE DE
VECTEURS »

Le climat est le déterminant direct de la présence des moustiques. En effet, en dessous d'une température de 18°C en moyenne par jour (Dale, Knight 2008), le cycle de reproduction des vecteurs du parasite *Plasmodium falciparum*, responsable de l'infection palustre, ne peut s'accomplir. Le climat détermine donc une aire de répartition du vecteur, qui s'étend entre les deux tropiques. Les cartes des zones climatiques et des aires de l'endémicité palustre soulignent ce lien (figure 9). Quelques territoires cependant appartiennent à ces climats en étant exempts de paludisme : la péninsule du Yucatan, le nord-ouest du Brésil, le nord de l'Australie. En Afrique sub-saharienne, au Pakistan et dans le sud-est de l'Iran, la transmission d'un paludisme épidémique déborde sur des climats plus frais, avec un caractère davantage saisonnier car ils sont arides.

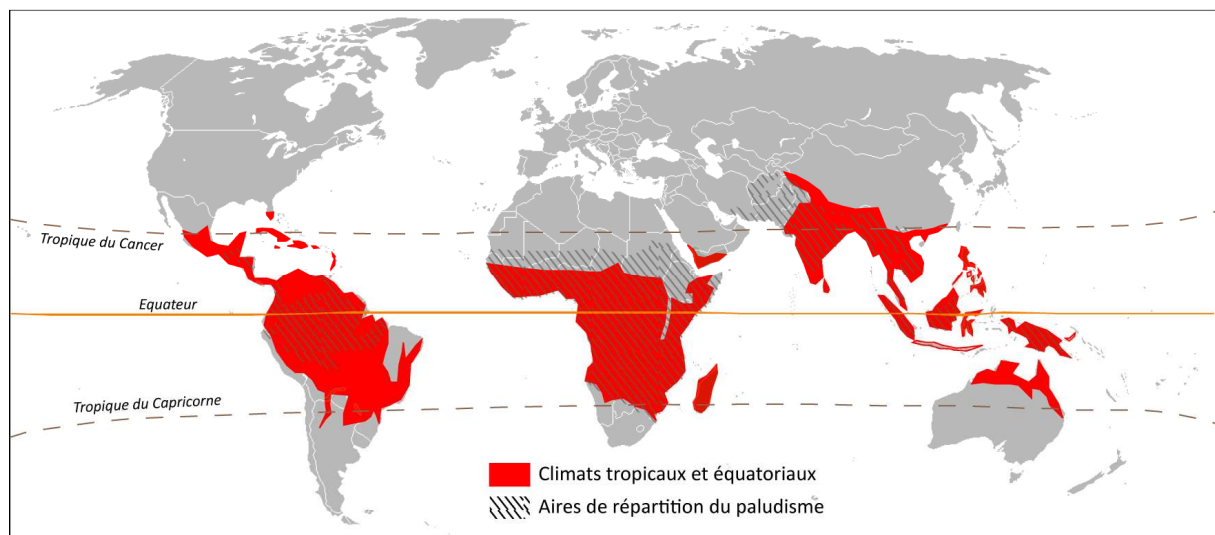


FIGURE 9 : CLIMATS TROPICAUX ET ÉQUATORIAUX ET AIRES D'ENDÉMICITÉ PALUSTRE - Source : fond de carte (<http://www.cartemonde.net/carte-geographique/carte-du-monde.jpg>) et données OMS 2009

Mais qu'en est-il à échelle fine ? Est-ce que la pluie et la température expliquent des différences d'intensité des vecteurs à l'échelle d'un village à l'autre ? Ici, le climat est étudié à l'échelle d'une aire d'une centaine de km² pour évaluer les conditions de présence des moustiques vecteurs du paludisme. Il s'agit en regardant le nombre de moustiques présents d'évaluer le « paludisme-transmission » des épidémiologistes. Des questions se posent : existe-t-il une saisonnalité des moustiques ? A quelle échelle intervient la variabilité des pluies et des températures ? Quel lien existe-t-il entre la saisonnalité de la présence des

moustiques et les cas de paludisme ? Observe-t-on un déclenchement temporel net ? Y a-t-il une saisonnalité palustre ?

2.1 LES CONDITIONS D'EXISTENCE DES MOUSTIQUES

Avant de voir comment les facteurs climatiques peuvent influencer à Tori la présence de moustiques, voyons le protocole utilisé pour les captures de moustiques. La capture de moustique est la méthode de référence pour déterminer les lieux les plus infestés, et qui sert à calculer l'EIR : Risque d'Inoculation Entomologique. Les captures nous ont servi ici à déterminer si certains individus ou groupes d'individus vivent dans des endroits plus infestés que d'autres.

2.1.1 Les moustiques et leurs captures

Pour étudier les facteurs influençant la présence des moustiques, on a mesuré la quantité de moustiques présents dans certaines maisons sélectionnées de la zone, quatre dans chacun des neuf villages (figure 10). Des campagnes de capture ont été menées pendant dix jours toutes les six semaines. Les captures avaient eu lieu pendant trois jours consécutifs à chaque mission dans chacun des points. Un appât humain (protocole OMS, validé par les comités d'éthique de l'IRD et du Bénin ; (Coffinet et al 2009) – voir annexe IV pour les avantages et inconvénients de chaque méthode de capture) présent à l'extérieur et à l'intérieur des trente-six points de capture, est chargé de capturer chaque moustique se posant sur sa peau. Les moustiques ont ensuite été analysés pour déterminer le nombre et le genre (*Culex*, *Anophèles...*) ainsi que leur niveau d'infection par le parasite *Plasmodium falciparum* (test ELISA). Rappelons que les seuls vecteurs du paludisme sont les anophèles femelles.

Le choix de la localisation des maisons de capture a été le seul fait des entomologistes¹, en fonction de plusieurs critères : proximité des quatre maisons au sein d'un même village, éloignement de la végétation (car *An. gambiae* n'aime pas les formations végétales denses).

¹ IRD - UR016 « Caractérisation et contrôle des populations vecteurs »

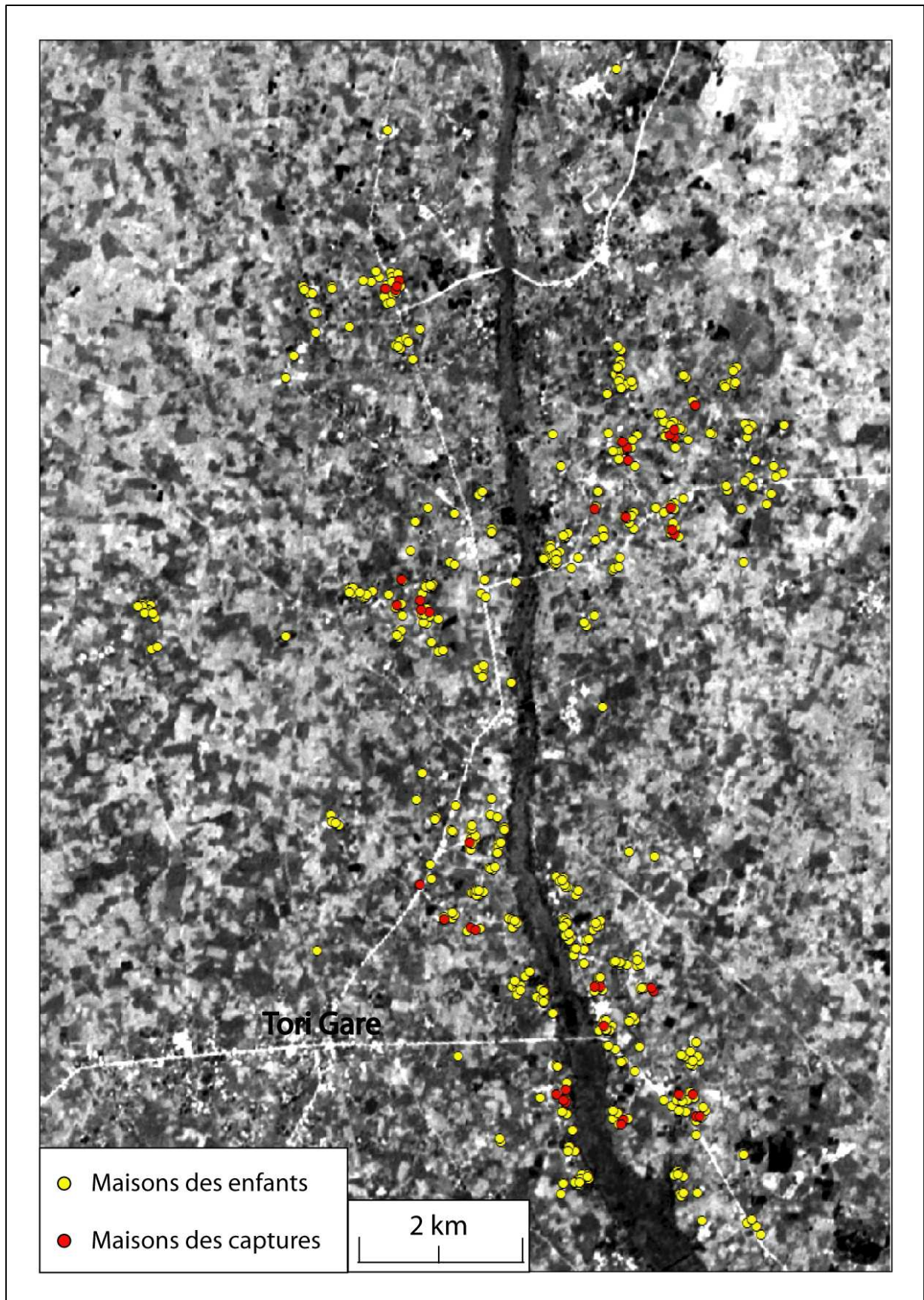


FIGURE 10 : LA LOCALISATION DES POINTS DE CAPTURE – Source : SIG C. PIERRAT, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

Par ailleurs, les maisons devaient avoir au moins deux pièces séparées afin que le « captureur » puisse en occuper une (le salon) et la famille l'autre (la chambre). La compatibilité avec l'accord des membres du foyer et l'entretien de bonnes relations ont été indispensables. Enfin, le culte vaudou a été un facteur important pour l'organisation des missions de capture, certains rites intervenant la nuit. En cas de mauvaise entente ou de problème avec les personnes du foyer, les lieux ont été changés en cours de route. En outre, un point à Gbedjougo a été déplacé parce que le nombre de moustiques capturés était beaucoup trop élevé, les sacs de captures prévus pour la nuit entière étant remplis en quelques heures seulement. Il aurait fallu poursuivre les captures dans ce même point pour pouvoir en comprendre les raisons. Un maillage régulier de la zone, ou même la recherche de diversité de situations dans l'environnement étant donc impossibles, certaines caractéristiques comme l'isolement d'une maison et le voisinage avec un cours d'eau ne sont donc pas représentées dans l'échantillon.

Les résultats (figure 11) montrent une grande variabilité du nombre de moustiques capturés, selon les villages, et selon les maisons au sein d'un même village. Le nombre varie de deux à trois anophèles (pour Gbedjougo 5 par exemple) à plus de 200 (pour Dohinoko 1). Gbetaga est globalement le village dans lequel a été récolté le plus grand nombre de moustiques, et Houngo et Avame le plus petit nombre.

L'extrême hétérogénéité trouvée dans ces neuf villages a été également observée par une autre étude entomologique (UR 016 de l'IRD) qui concernent 28 villages de la commune, sur une zone plus étendue (Djèntonin et al 2010).

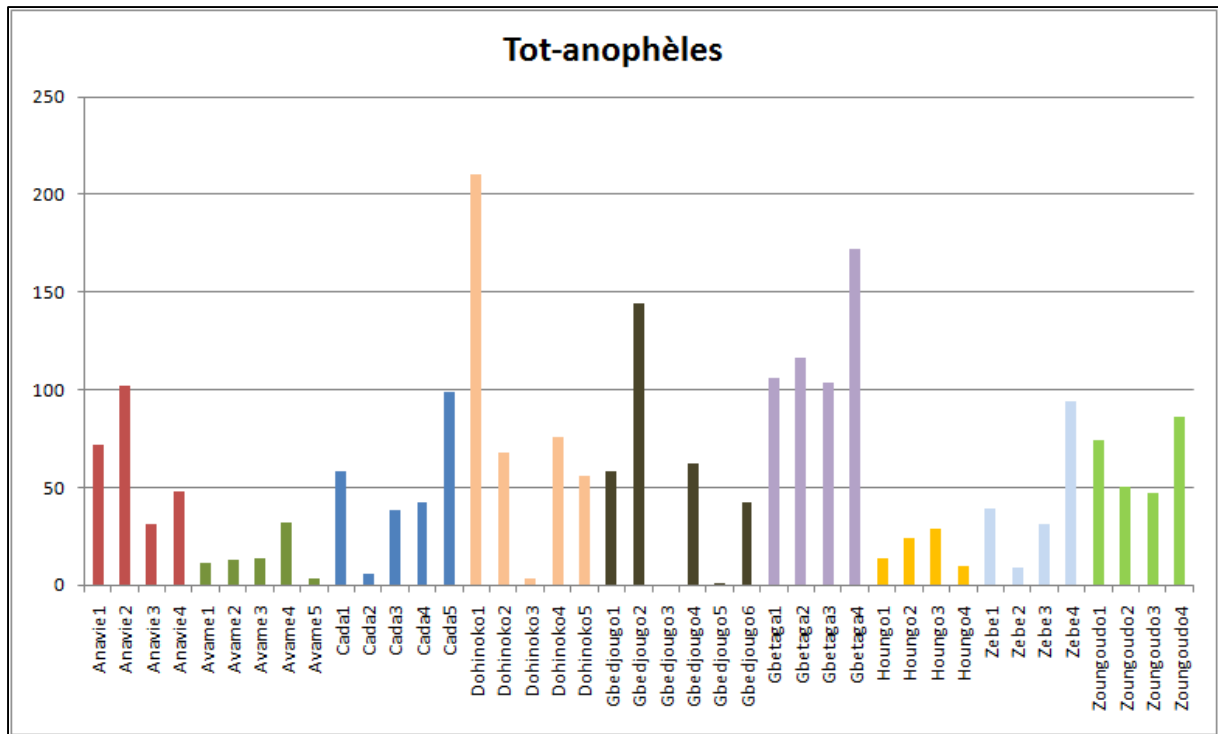


FIGURE 11 : NOMBRE TOTAL D’ANOPHÈLES CAPTURÉS PAR MAISON SUR LES 19 MISSIONS - Source : données de terrain

2.1.2 Les pluies et leur devenir

La saisonnalité, comme dans toute la zone intertropicale, est définie par le rythme des pluies. Or, la pluviométrie conditionne, avec la nature du sol et sa mise en valeur, la présence ou la persistance d’eau sur le sol. On a donc voulu mesurer avec autant de précision que possible la quantité d’eau et la fréquence des précipitations pour en évaluer à la fois l’hétérogénéité inter-saisons et inter-villages.

2.1.2.1 Le protocole

Pour ce faire, on a installé un pluviomètre dans chacun des neuf villages. Le choix du site d’installation des pluviomètres s’est fait de façon très pragmatique, en fonction des personnes-ressources embauchées par l’IRD capables de faire les relevés. Un soin a été apporté à l’emplacement, pour que le pluviomètre soit dans un lieu suffisamment dégagé et relativement éloigné d’une maison. Malgré cela, la pousse rapide de la végétation a contraint à déplacer certains pluviomètres afin de rester à découvert. Mais alors on ne sait ni la durée ni le moment de la gêne par le couvert végétal.

Les pluviomètres étaient distants d'un ou deux kilomètres en moyenne les uns des autres, l'aire couverte par l'ensemble des villages représentant environ 100 km² (figure 12). La pluie tombée dans le pluviomètre a été récoltée deux fois par jour, à 7 h et à 19 h, d'août 2007 à août 2009. Les relevés ont donné lieu à une prise de notes deux fois par jour sur une feuille fournie par nous. Chaque mois, les feuilles récoltées auprès des responsables ont été ramenées à Cotonou où des agents ont effectué une double saisie des données.

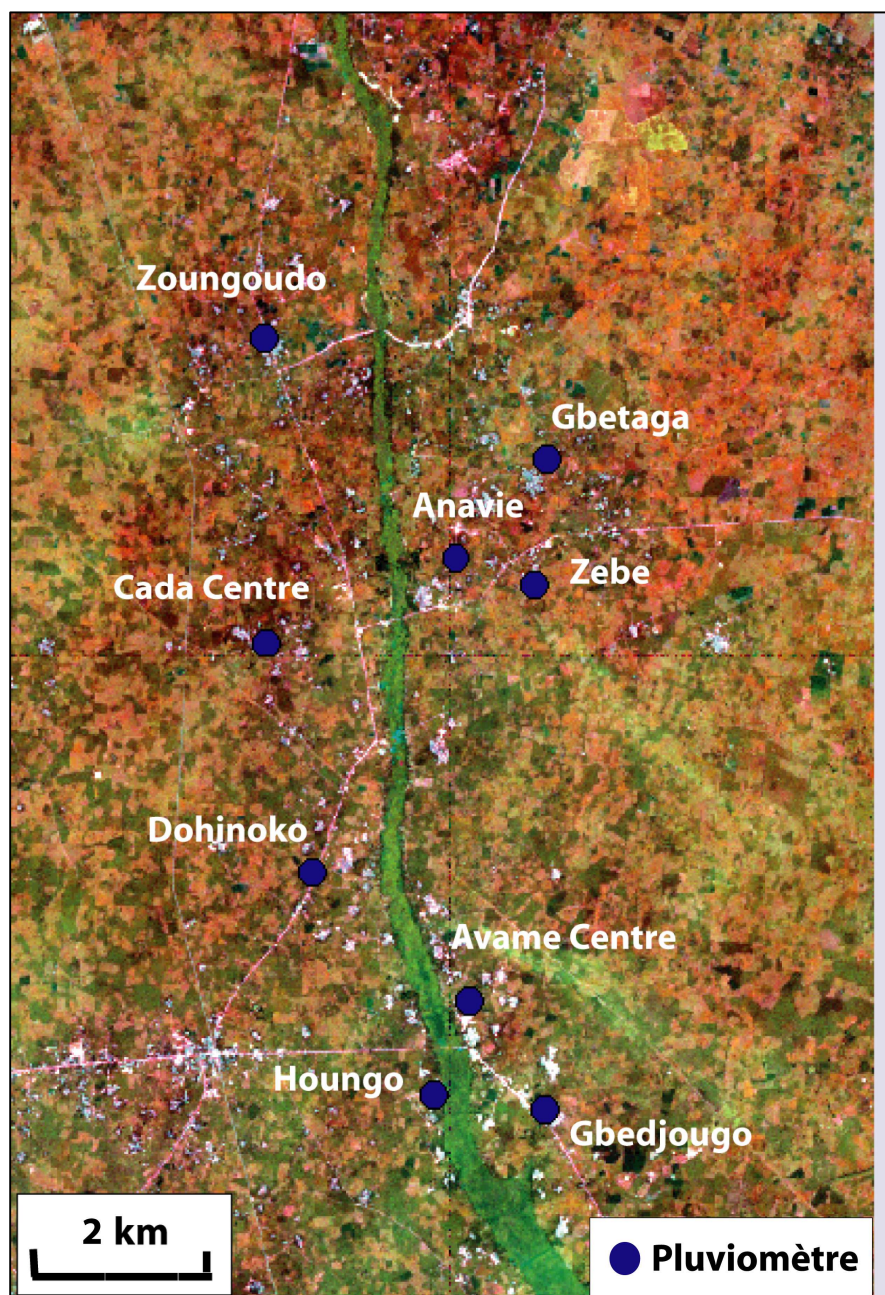


FIGURE 12 : LES PLUVIOMÈTRES PEU ESPACÉS DANS LES NEUF VILLAGES – Source : SIG C. PIERRAT et image SPOT 5 citée p. 34

2.1.2.2 Une saisonnalité attendue et une extrême hétérogénéité inter-villages

Pour ce qui est de la hauteur d'eau recueillie (reportée sur la fiche), il existe une très grande hétérogénéité entre les villages (figure 13).

Des problèmes de relevés ont été identifiés à la lecture des chiffres saisis (par les agents de saisie). Certaines quantités de pluie par jour sont équivalentes à cinq cyclones tropicaux... Soit par exemple pour le 13 juin, 530 mm de pluie relevée à Cada Centre ! Le total des précipitations pour ce village en juin 2008 s'élève ainsi à 1101 mm, alors que le maximum enregistré à la station de Cotonou (à 40 km) sur la période 1961-1990 est de 356 mm. Il y a donc clairement un problème de relevés.

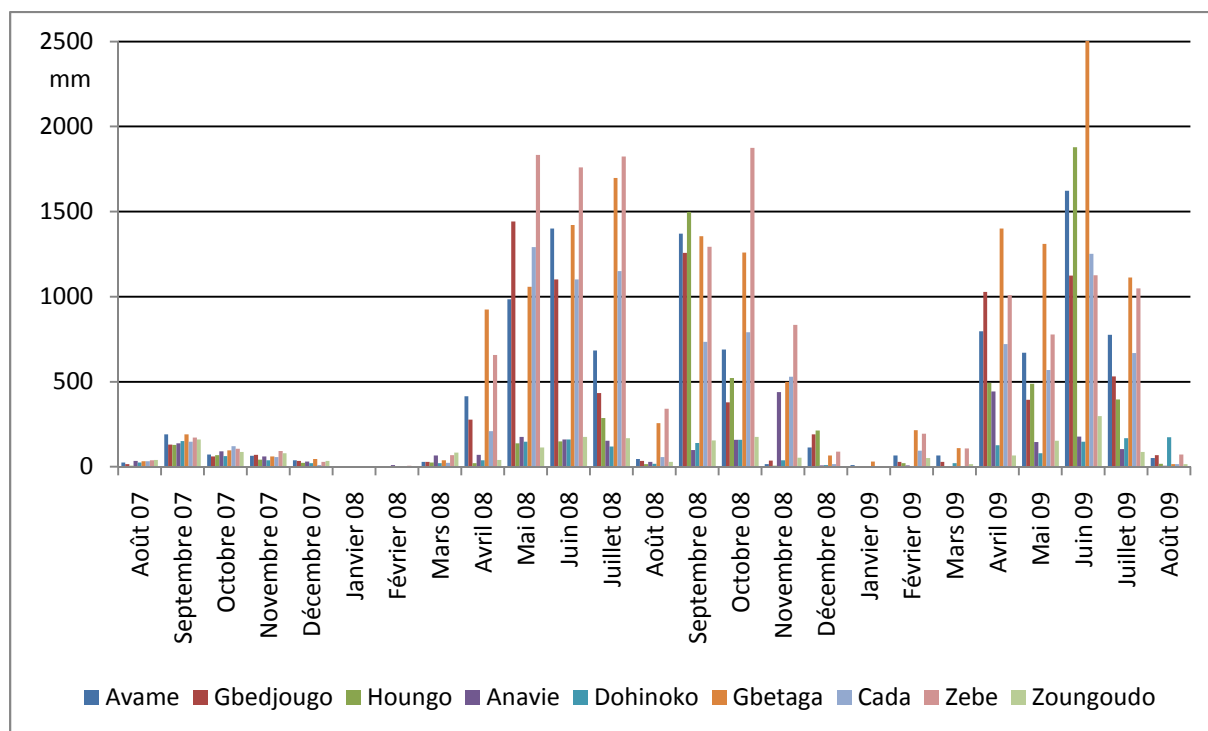


FIGURE 13 : VARIABILITÉ DE LA QUANTITÉ DE PLUIE SUR LES NEUF VILLAGES DE TORI – TOTAUX MENSUELS PAR VILLAGE - Source : données de terrain

On peut trouver plusieurs explications à ces données peu fiables. D'une part, il faut d'emblée penser, lorsqu'on effectue des relevés manuels, aux erreurs de mesure humaines, et aux erreurs de manipulation : mauvaise lecture de la graduation sur le pluviomètre, mauvaise retranscription sur le papier, oublis de mesure et inventions des chiffres, etc. Il est possible qu'en cas d'oubli, les personnes aient noté, avec plusieurs jours de retard, des épisodes de pluie alors qu'il n'y en avait pas eu.

Deuxièmement, les pluies tropicales ayant pour caractéristiques d'être très localisées et très drues, les conditions locales de la mesure sont essentielles. Or, à Tori, d'une part, comme les quantités de pluie sont relevées deux fois par jour, la quantité de pluie mentionnée va dépendre de la durée entre le relevé et l'épisode pluvieux (l'eau peut se renverser à cause des enfants jouant à proximité, des animaux..., évaporation), et d'autre part, l'outil de mesure, le pluviomètre, est un capteur en forme de tube mal adapté à la récolte précise de précipitations abondantes, puisque les quantités d'eau récoltées varient selon son orientation par rapport à la pluie (plus les précipitations sont intenses, plus elles tombent de manière oblique, et plus la marge d'erreur est élevée) - (voir figure 14 : la diversité des installations des pluviomètres et figure 15 : la lecture des graduations).



FIGURE 14 : LA DIVERSITÉ DES INSTALLATIONS DES PLUVIOMÈTRES - © C. Pierrat, 2009



FIGURE 15 : LA LECTURE DES GRADUATIONS - © C. Pierrat, 2009

Ces conditions de mesure expliquent les différences de hauteur d'eau mesurées d'un village à l'autre, alors que les précipitations sur l'ensemble de la zone sont dues à un même système convectif. La difficulté de mesure des précipitations à une échelle fine est bien connue (Linacre 1991), ce qui pose la question de l'échelle pertinente pour mesurer non seulement les précipitations, mais surtout leurs conséquences sur l'existence des vecteurs.

L'ensemble de la zone d'étude se situe dans le même sous-ensemble climatique du sud du Bénin (figure 16), c'est-à-dire un climat subéquatorial béninien, à quatre saisons, avec un total de précipitations d'en moyenne 1 200 mm / an.

Au sein de cette zone climatique, les systèmes convectifs entraînant les précipitations sont bien plus vastes que la commune de Tori-Bossito. Les nuages peuvent avoir une taille de quelques centaines de kilomètres. Elle est donc supérieure ou équivalente à l'échelle des villages de Tori. L'apport des gros systèmes convectifs au total pluviométrique d'une région a été bien montré par Mathon (Mathon & Laurent 2001). A Niamey, 12 % des systèmes convectifs de méso-échelle identifiés à partir de Météosat produisent plus de 90 % des pluies régionales. L'échelle choisie de la mesure par village est donc trop fine comparée au mécanisme climatique des précipitations. L'image satellite souligne cette distorsion d'espace entre nuage pluvigène convectif et espace de recueil du pluviomètre (figures 17 et 18).

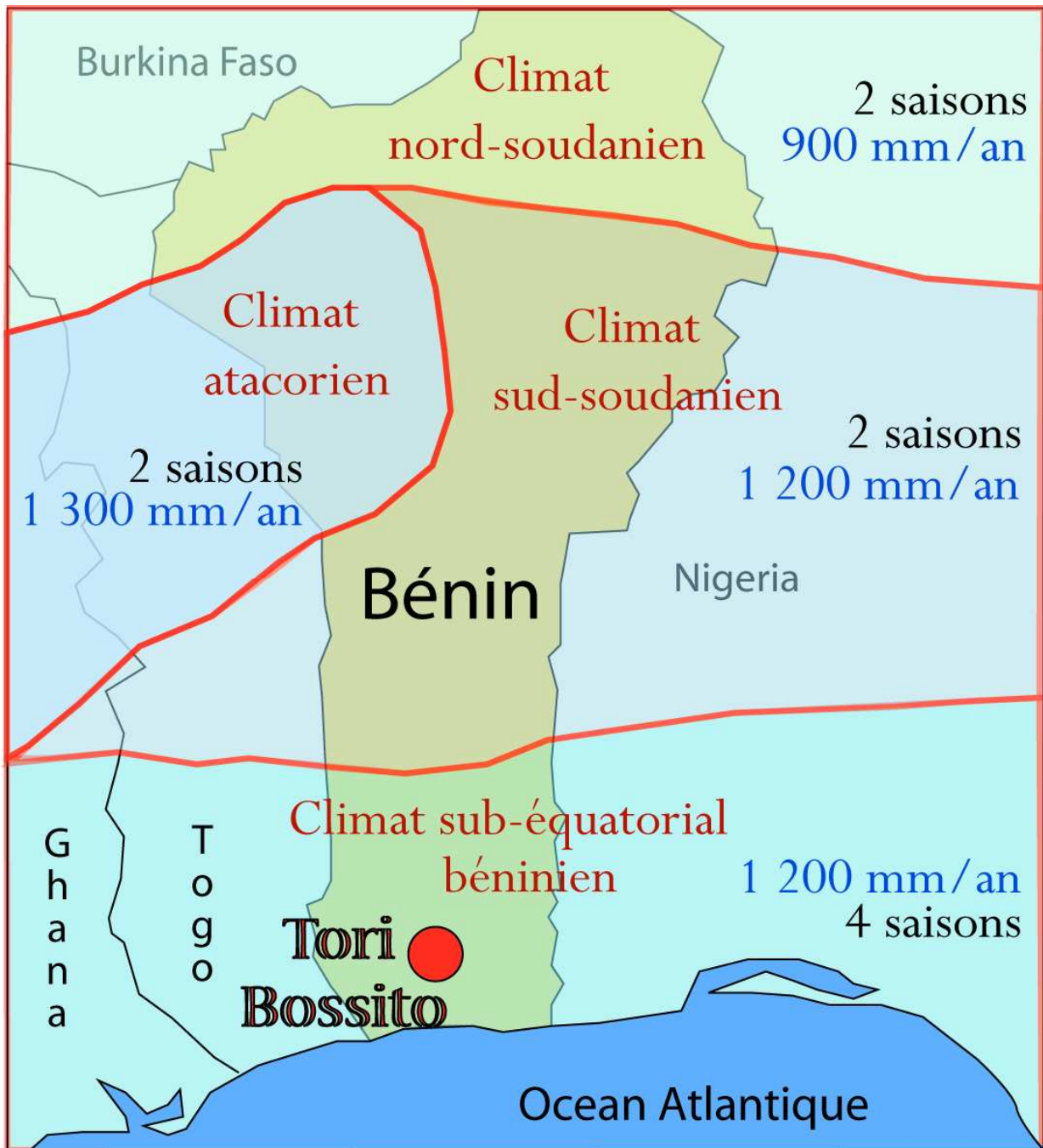


FIGURE 16 : CARTE CLIMATIQUE DU BÉNIN – (Adam & Boko 1983)

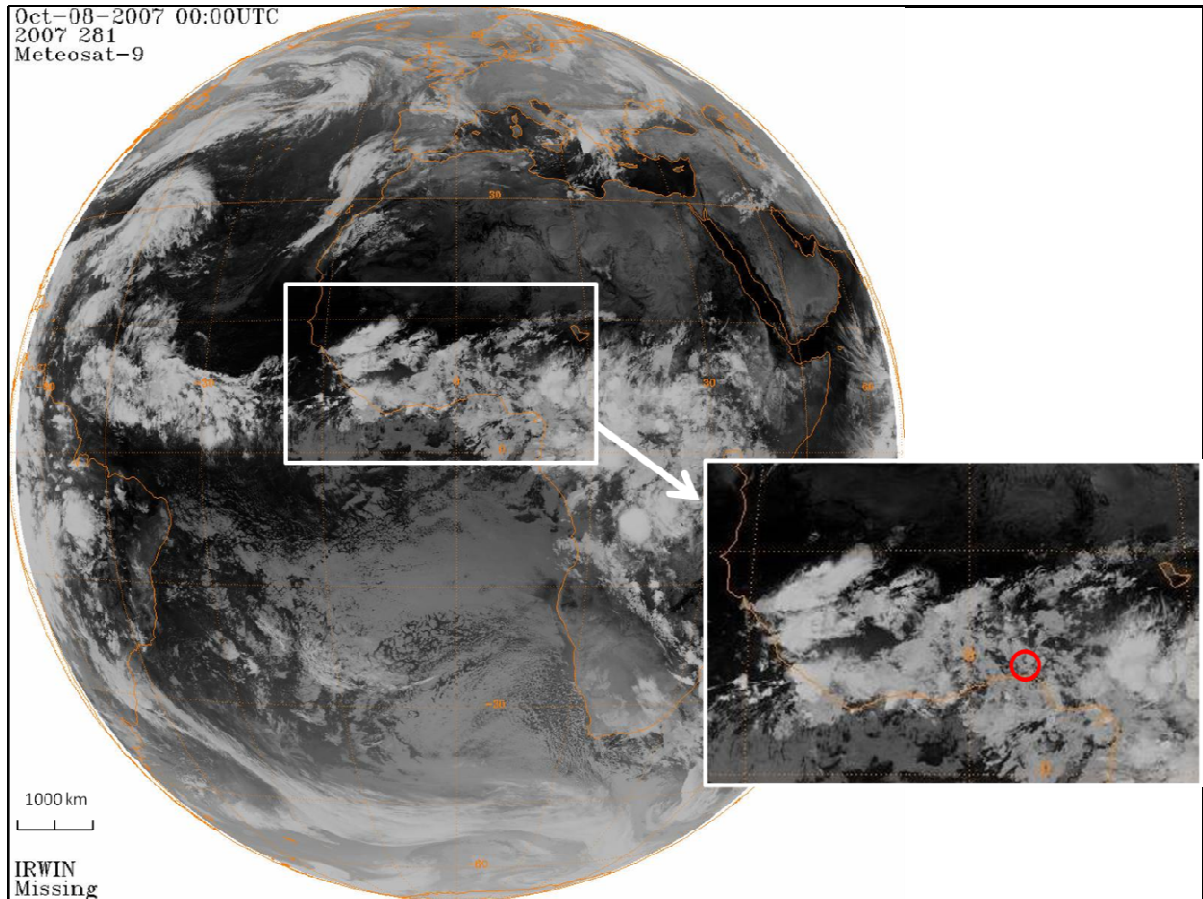


FIGURE 17 : UN UNIQUE SYSTÈME CONVECTIF SUR TOUT LE SUD DU BÉNIN LE 8 OCTOBRE 2007 – Le point rouge indique la région de Tori-Bossito

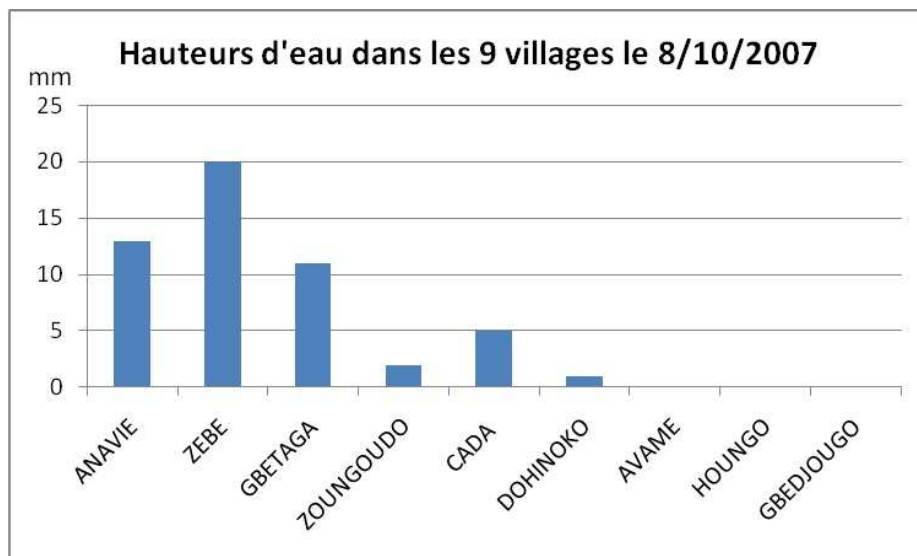


FIGURE 18 : LES HAUTEURS D'EAU RECUEILLIES DANS LES NEUF VILLAGES LE 8 OCTOBRE 2007 -
Source : données de terrain

Les différences de précipitations constatées le 8 octobre confirment le caractère aléatoire de ces mesures et l'importance des micro-conditions des relevés. En effet, la surface maximale définie par les pluviomètres les plus éloignés correspond à une dizaine de kilomètres, alors que la taille d'un nuage peut atteindre des centaines de kilomètres (figure 19). D'autant qu'il n'y a pas de pluies d'origine orographique car le relief est peu marqué : 50 mètres de dénivelé maximum.

D'autre part, l'utilisation de cumuls journaliers induit un biais, lié à la dynamique propre aux événements. Si cette dynamique suit grossièrement un rythme diurne, elle n'est pas dépendante du découpage des données journalières. Autant de problèmes liés à l'inadéquation entre les échelles caractéristiques des processus mesurés et celles de leur représentation dans les modèles (Le Lay & Galle 2005).

Choisir des mesures aussi rapprochées est donc difficile à mettre en œuvre, pour une pertinence très relative. En effet, ce qui nous intéresse pour la problématique de la survie des vecteurs, ce sont les conséquences des pluies en termes d'eau sur le sol (cf. ci-après, les caractéristiques des gîtes des anophèles).

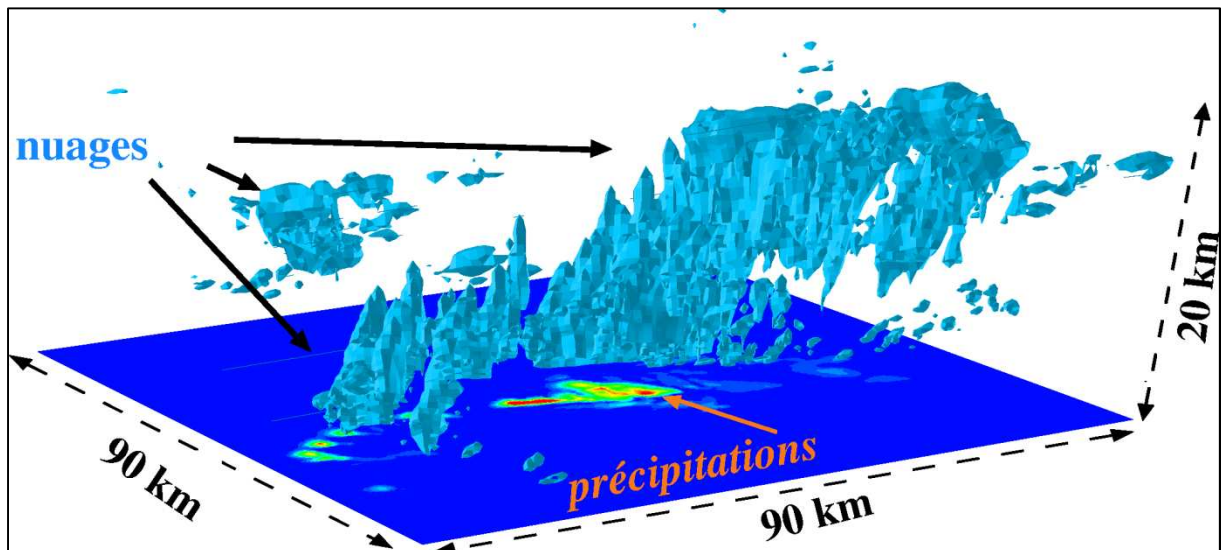


FIGURE 19 : EXEMPLE DE TAILLE DE NUAGE ET DES PRÉCIPITATIONS ASSOCIÉES – Source : Guichard, 1997

Le nombre de gîtes dépend en effet de phénomènes d'échelle fine qui créent des conditions d'eau stagnantes sur le sol. Or, le bilan d'eau résulte de processus présentant une forte

variabilité spatio-temporelle à échelles emboîtées. Le fonctionnement des gîtes est lié aux précipitations (rythme et quantité) et aux phénomènes d'écoulement, de ruissellement, de stagnation... sur les différents terrains. Ainsi, le séquençage des pluies est essentiel pour la formation du ruissellement (Cappelaere et al 2003) de même que l'occupation du sol et les pentes à l'échelle d'un bassin versant. Le rythme des pluies est donc aussi à prendre en compte, car il conditionne, en fonction du type de sol et du couvert végétal, sa capacité à rester en eau un certain temps. La fréquence des pluies observées est globalement semblable d'un village à l'autre. Toutefois, en saison sèche, quelques villages ont enregistré une averse en quinze jours alors que dans d'autres villages il n'y a aucun jour de pluie sur la même période (tableau 2). Là encore, c'est le même système convectif qui est responsable des précipitations dans tout le sud du Bénin, mais en saison sèche, un nuage n'est pas nécessairement pluviogène partout. Dans l'ensemble, la relative corrélation « pluie / pas pluie » observée entre les villages est donc cohérente météorologiquement.

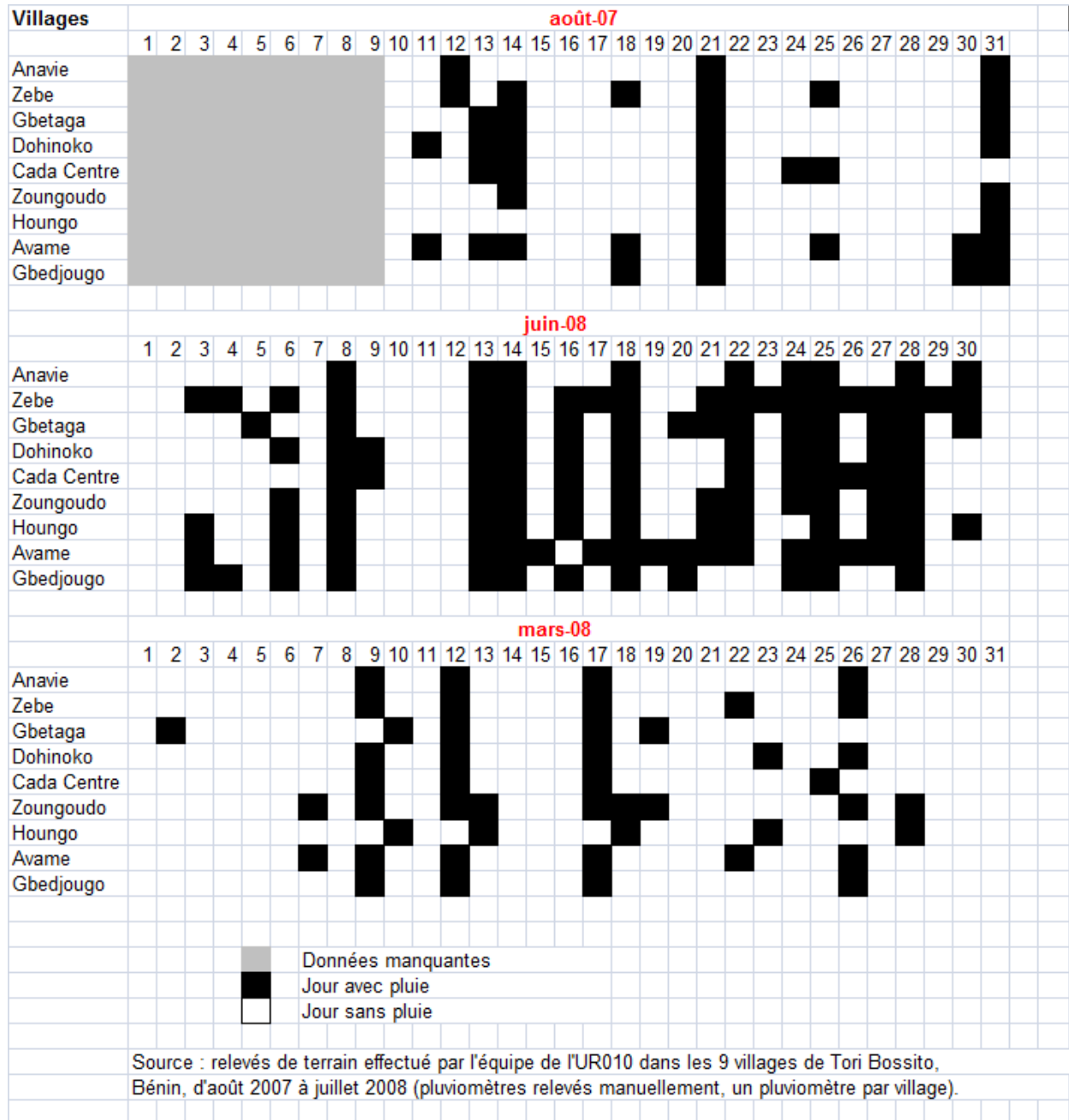
2.1.3 La corrélation pluie - anophèles

Lorsqu'une pluie survient, elle entraîne la présence d'eau sur le sol, qui va rester plus ou moins longtemps en surface selon le type de sol, sa mise en valeur, etc. Cette présence d'eau à la surface du sol est nécessaire pour la formation des gîtes larvaires des anophèles. La quantité d'eau tombée et son rythme sont donc probablement liés à la possibilité de formation de gîtes. Pour étudier la corrélation entre ces deux données, on a choisi, après consultation d'entomologistes, de regarder la quantité de pluie tombée dix jours avant le premier jour de chaque campagne de capture.

Les anophèles sont dénombrés pour un pas de temps de dix jours toutes les six semaines. En effet seuls les adultes - femelles - piquent et le temps de développement d'une larve pour qu'elle devienne adulte (et donc épidémiologiquement dangereuse,) est de dix à douze jours environ (Mutuku et al 2006; Service 1993). Il y a une nouvelle fournée d'anophèles dix à quinze jours après une pluie, c'est-à-dire après une occasion pour une femelle de déposer ses œufs dans un point d'eau. On a donc cumulé les quantités de pluie tombée dix jours avant la campagne de capture, et le nombre d'anophèles capturés pendant les dix jours.

TABLEAU 2 : LE RYTHME DES PLUIES À TORI-BOSSITO

Source : données de terrain



Un modèle de régression mixte de Poisson mis en œuvre¹ sur les données moustiques et les variables pouvant influencer leur présence montre une relation très significative entre la quantité de pluie calculée sur les dix jours précédant la capture, ainsi que le nombre de jours de pluie avant la capture, et le nombre d'anophèles capturés (tableau 3).

TABLEAU 3 : TESTS DE CORRÉLATION PLUIE-ANOPHÈLES

Source : Données de terrain – Gilles Cottrell, communication personnelle

		ESTIMATION	ECART TYPE
QTT PLUIE	FAIBLE	.	.
	MOYEN	0.98	0.24
	ELEVÉ	1.00	0.26
	TRÈS ÉLEVÉ	0.89	0.31
NB JOURS DE PLUIE AV MISSION	[0-1]	.	.
	[2-4]	0.37	0.18
	>4	0.74	0.21

L'idée de prendre en compte la fréquence des pluies (la pluviosité) vient du constat que le rythme des pluies joue de manière très complexe sur le développement des larves. Un épisode de pluie intense crée la « collection » d'eau où vont être déposés les œufs. Pour que les larves se développent, il faut ensuite que l'eau à la surface du sol se maintienne pendant une dizaine de jours. Pendant ce laps de temps, si une pluie très intense survient, les gîtes peuvent être lessivés, ce qui tue tous les œufs et larves. Il faut donc un enchaînement favorable de circonstances (figure 20).

Il est donc très difficile de définir quelle configuration de rythme des pluies est la plus favorable aux anophèles, et de mettre en œuvre ce schéma pour analyser des corrélations avec le nombre de moustiques. Cependant, le choix fait de compter le nombre de jours de

¹ Analyse statistique réalisée par Gilles Cottrell, IRD – UMR 2016.

pluie ayant eu lieu dix jours avant chaque campagne de capture s'est révélé significatif : une bonne corrélation existe entre le nombre d'anophèles capturés et au moins quatre jours de pluie avant la capture (estimation de 0.74, tableau 3).

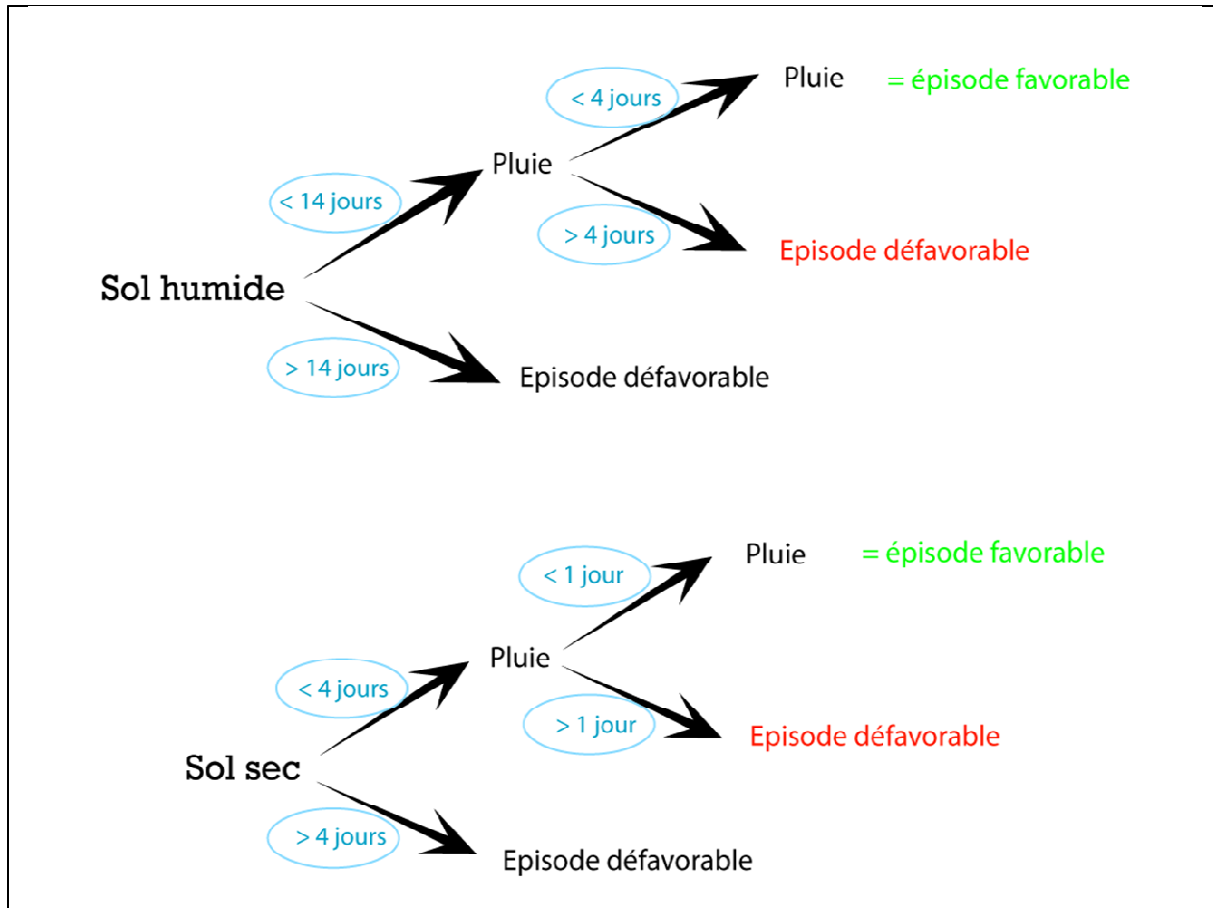


FIGURE 20 : SCHÉMA THÉORIQUE DES RYTHMES DE PLUIE SELON L'HUMIDITÉ DU SOL

En outre, l'arrêt saisonnier des précipitations joue un grand rôle pour la formation de points d'eaux stagnantes résiduelles. C'est donc aux changements de saison, en particulier lors de la transition entre saison des pluies et saison sèche, que peuvent se former ces « collections » d'eau résiduelles, issues de l'alternance crue-décru. Ce constat ne fait qu'accroître l'importance de la saisonnalité de la densité anophélienne, déjà bien connue (Briët et al 2008). L'irrigation peut perturber ce rythme. Toutefois, à Tori, les principales cultures ne sont pas irriguées mais pluviales. Seules les parcelles de maraîchage sont irriguées. Or elles sont en général situées à proximité des habitations, d'où l'intégration dans

les enquêtes d'une question relative à ces zones de cultures à proximité des maisons de la cohorte.

Deux autres éléments du temps sont mesurés : la température et l'humidité. Ils jouent aussi un rôle dans les conditions de vie des vecteurs.

2.1.4 La température et l'humidité

La température et l'humidité ont été mesurées toutes les heures d'août 2007 à mai 2009 par des puces hygrométriques installées dans chacun des neuf villages, à proximité des pluviomètres. Le but était de voir si on observe des variations importantes d'humidité et de température inter et intra-saisons, et si cela explique des variations dans le nombre de moustiques présents dans la zone. Les données obtenues sont très fiables, puisqu'enregistrées automatiquement puis transférées sur ordinateur ; le biais « humain » est quasiment inexistant.

La variabilité des températures observées, de 6°C maximum (figure 21), correspond à l'alternance des saisons sèches et humides, avec un minimum en janvier (24°C) et un maximum en mars (29°C). La forte variabilité des températures diurnes et nocturnes (une dizaine de degrés) et la faible variabilité inter-saisonnière caractérisent tous les climats intertropicaux. La variabilité inter-villages est très faible (1 à 2°C) et suit les états hygrométriques et les effets de la topographie.

L'humidité relative (figure 22), varie peu, de 67 %, le minimum, en janvier, à 97 %, le maximum, en juillet. Elle suit aussi les saisons. Humidité et température sont directement corrélées : un épisode pluvieux fait augmenter l'humidité relative et baisser les températures puisqu'il est nécessaire d'avoir saturation de l'air pour qu'il pleuve (100 % d'humidité relative), et qu'après la pluie, une partie de l'énergie sert à l'évaporation. Il y a donc moins d'énergie disponible pour la température de l'air : il fait plus « frais ». La variabilité inter-villages est faible puisque presque tous les villages reçoivent des pluies en même temps.

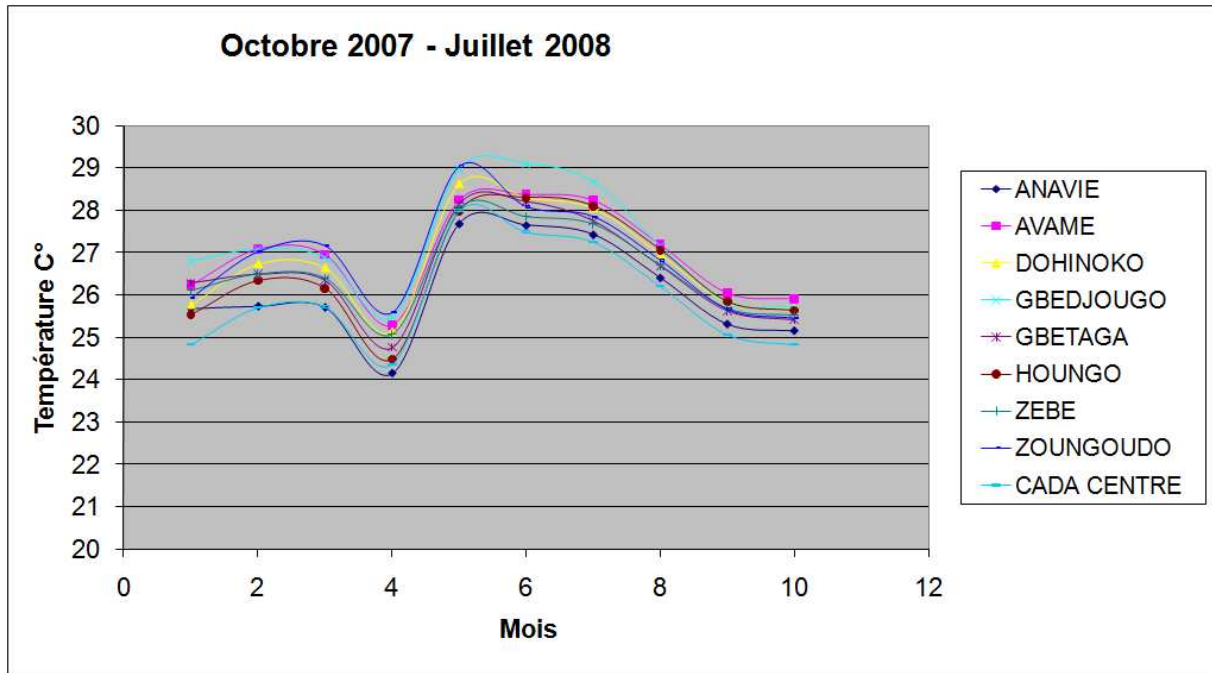


FIGURE 21 : TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES PAR VILLAGE - DONNÉES DE TERRAIN

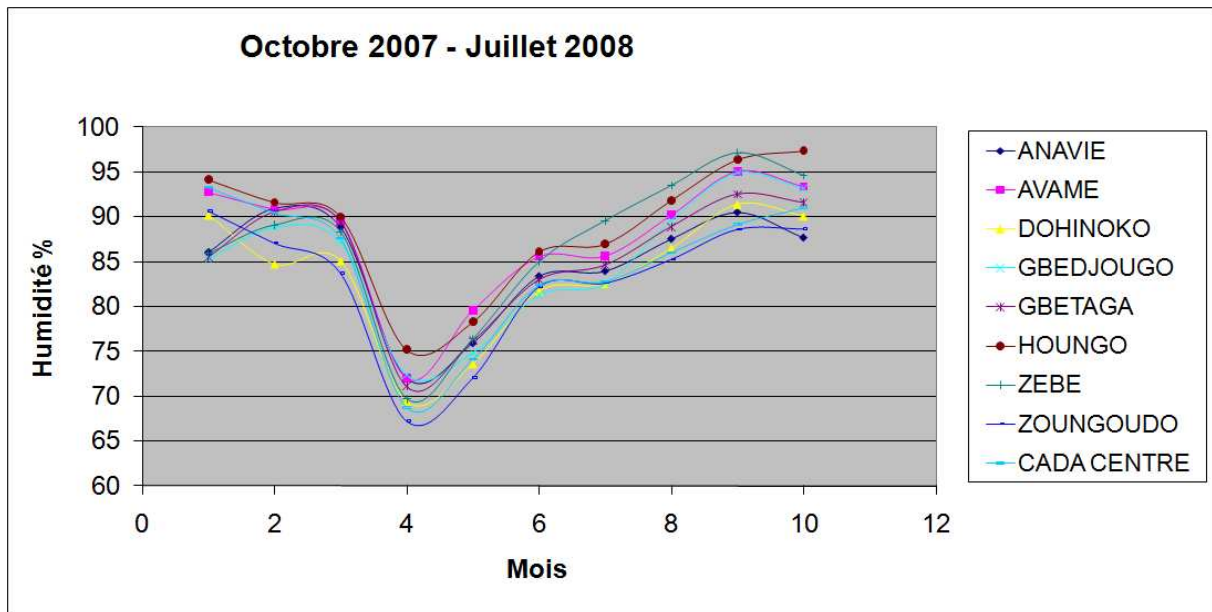


FIGURE 22 : HUMIDITÉ RELATIVE MOYENNE MENSUELLE PAR VILLAGE – DONNÉES DE TERRAIN

Les températures présentent des variations microclimatiques. L'altitude, par exemple, modifie la température. Le paludisme est limité en altitude, où la température devient un facteur limitant. A Tori-Bossito, le dénivelé total n'est que d'une cinquantaine de mètres.

Mais la température peut aussi varier de quelques degrés selon l'abri du vent, les matériaux de construction des murs et du toit, etc. De plus, les animaux dégagent de la chaleur et leur nombre influence la température d'un espace. Par exemple, en Hollande, Swellengrebel et Buck (Swellengrebel et al 1938) ont montré qu'en hiver les animaux des fermes permettaient la survie des anophèles et donc le maintien de la transmission en saison froide dans ces foyers.

La température modifie la répartition et la longévité des vecteurs. Elle raccourcit ou augmente la durée des cycles, de l'incubation extrinsèque, et définit les saisons de transmission. Le temps de passage de la larve à l'adulte anophèle s'allonge ou se réduit en fonction de la température. Cette durée du cycle est capitale pour le caractère épidémiologiquement dangereux des anophèles. En effet, l'infectiosité des anophèles se construit lors du cycle sporogonique qui s'effectue à l'intérieur de l'anophèle et dont la durée dépend de la température. Au-dessous de l'optimum thermique de 25°C pour *Plasmodium falciparum*, la durée du cycle s'allonge et la quantité d'anophèles atteignant un âge épidémiologiquement dangereux (c'est-à-dire au sein desquels le cycle sporogonique a pu s'accomplir entièrement et rend ces anophèles infectés) diminue. On estime qu'à une température moyenne de 25°C et une humidité relative de 60 % (Martens et al 1995), les larves se développent en une dizaine de jours (neuf à douze jours) (Dale & Knight 2008). En climat subéquatorial, les conditions sont très bonnes pour un développement rapide des larves. Entre 24 et 29°C en moyenne par jour, les températures assurent à Tori un temps de développement de dix à quinze jours. Les variations observées vont donc jouer sur des raccourcissements ou des allongements quelque jours tout au plus du cycle de développement des anophèles, et non sur leur nombre. Les tests de corrélation entre humidités moyennes mensuelles et températures moyennes mensuelles des mois de capture montrent d'ailleurs une très mauvaise corrélation avec le nombre d'anophèles capturés. Température et humidité sont donc des indicateurs de la saison mais ne jouent pas sur le développement des anophèles à cette échelle spatiale.

Quelles sont les limites de l'information apportée par les variables chaleur et pluie dans les modèles climatiques existant sur le paludisme ?

On sait depuis longtemps que le paludisme est associé aux pluies abondantes, à la température et à l'humidité, ces trois facteurs définissant un climat tropical humide (avec saison sèche) ou équatorial (sans saison sèche). Les modèles climatiques existant prennent en compte principalement la pluviométrie pour définir, à une échelle nationale ou régionale, les zones à risque de paludisme. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a ainsi construit des cartes de prévalence du paludisme se superposant aux cartes climatiques, la ceinture tropicale correspondant aux zones de plus forte endémicité (OMS 2009). Le climat est donc le principal élément du découpage des zones endémiques, celles-ci se limitant à une échelle nationale ou régionale tout au plus. L'aire des zones d'endémicité ainsi définie par les conditions climatiques peut se chiffrer en milliers de kilomètres carrés (classement de Mac Donald, 1957). Or, au sein d'une zone endémique, on note tout de même des différences de nombre de cas à très fine échelle (Ye et al 2007). De même que l'OMS, le programme d'étude de la mousson en Afrique, ARMA, a élaboré des cartes climatiques montrant les zones de climat favorables au paludisme, zones définies par un seuil de pluviométrie à l'échelle régionale. S'il tombe une moyenne de 80 mm de pluie par mois pendant au moins 3 mois consécutifs, alors la région est définie comme favorable à un paludisme endémique (figure 23) - (ARMA 1998).

A Tori, comme partout en climat tropical, on est dans une zone de paludisme endémique. Mais mesurer finement la quantité de pluie est une gageure (due aux difficultés de terrain dont on a parlé), et cela ne permet pas de comprendre l'hétérogénéité spatiale des cas de paludisme à échelle fine, pourtant bien réelle d'un village à l'autre.

Est-ce que les saisons climatiques définissent une saisonnalité anophélienne claire et marquée ?

Les campagnes de captures réalisées d'août 2007 à juillet 2009 montrent clairement une répartition temporelle des anophèles (figure 24). Les mois les plus riches en anophèles vont de mai à septembre-octobre selon les années observées. La petite saison sèche (mois d'août) est peu ou pas marquée par la présence d'anophèles.

En zone intertropicale, c'est le calendrier pluviométrique qui fixe la saison. D'où une meilleure corrélation trouvée entre le nombre d'anophèles capturés et les quantités de pluie

qu'avec les températures ou les taux d'humidité observés. Les saisons sont définies par une certaine homogénéité des moyennes des précipitations ; si l'on compare les données de Tori

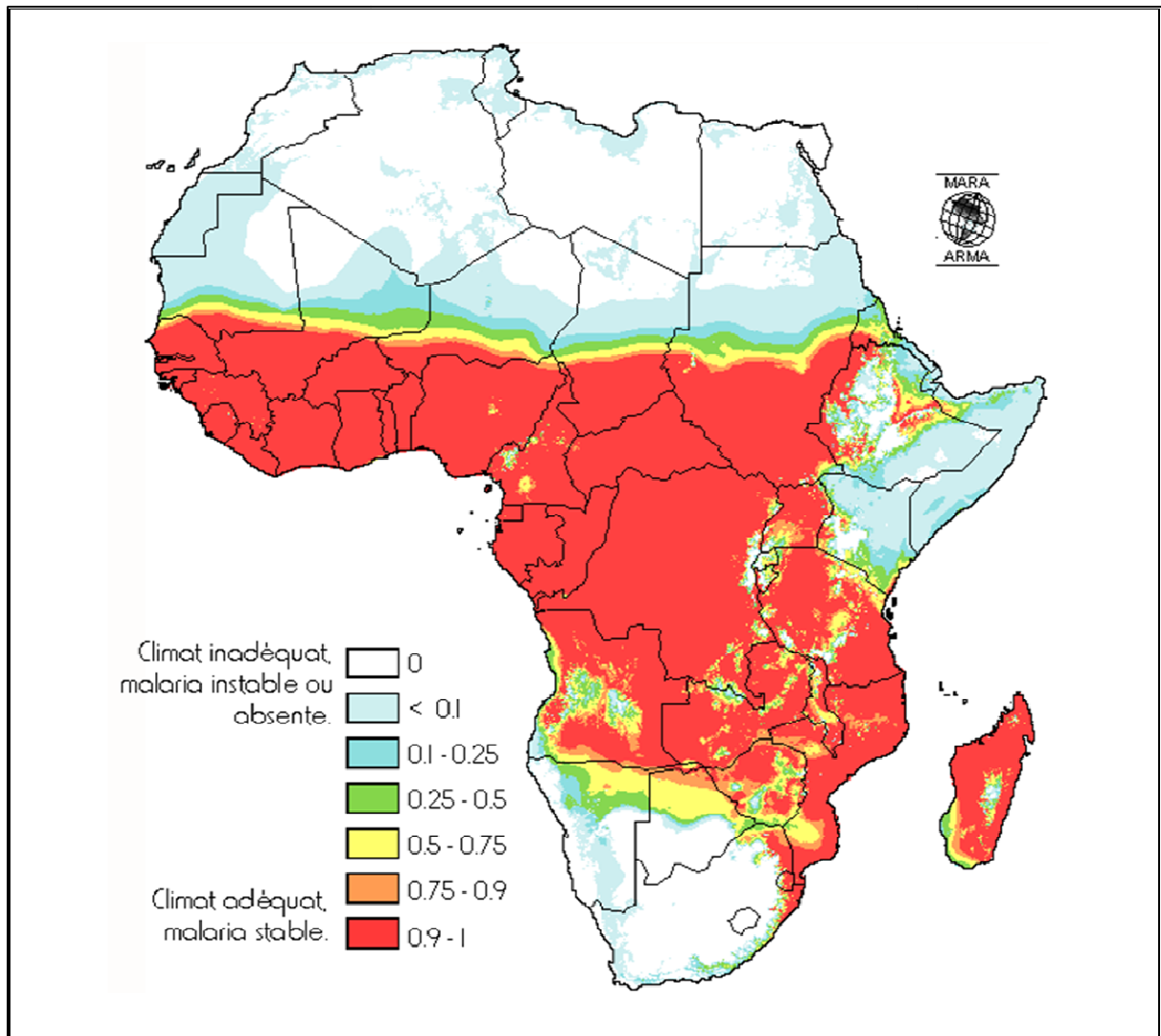


FIGURE 23 : MODÈLE CLIMATIQUE ARMA DU PALUDISME EN AFRIQUE – (ARMA 1998)

avec les moyennes trentenaires des précipitations à Cotonou et Bohicon – les deux stations nationales entourant Tori-Bossito pour la première au sud et la seconde au nord (figure 25), on voit que les saisons des années 2007 à 2009 de l'enquête sont dans la moyenne, et que les anophèles se concentrent bien en saison pluvieuse. Il pleut davantage à Cotonou qu'à Bohicon plus au nord, c'est un effet normal de la latitude. Plus on s'éloigne du Golfe de Guinée et plus la saison sèche dure, et moins la saison des pluies est arrosée. Tori-Bossito est entre Cotonou et Bohicon, mais plus proche de Cotonou.

Les types de temps à risque de paludisme, c'est-à-dire ceux au cours desquels sont observées de plus fortes présences de moustiques, sont donc ceux de la grande saison pluvieuse. Soit deux à quatre mois consécutifs de précipitations intenses et rapprochées, qui se prolongent jusqu'au début de la grande saison sèche. Il y a donc deux saisons anophéliennes à Tori.

La question de l'irrigation est importante. Elle peut allonger les saisons épidémiques, en créant localement des conditions de mise en eau du sol du type saison pluvieuse en saison sèche. Les seules cultures irriguées à Tori sont des parcelles de maraîchage, souvent à proximité des habitations, ce qui crée des conditions de transmission plus longues que les seules saisons pluvieuses. Cette prolongation de la saison de transmission au début de la saison sèche n'a pas pu faire l'objet d'une exploration complète faute de données. L'eau utilisée pour l'irrigation est prise dans les marigots peu de temps après la fin de la saison des pluies, ou dans les puits durant la saison sèche. Ce qui contraint à porter l'eau, donc à économiser ses forces, et donc l'eau. Celle-ci, en quantité juste suffisante, ne va donc pas stagner. Ce sont donc bien les rythmes climatiques qui induisent les différences de faciès épidémiologiques (durée de la saison sèche, etc.). Le climat subéquatorial à quatre saisons béninien correspond à un paludisme stable à Tori-Bossito, avec un effet saisonnier des cas qui explique la variabilité temporelle de la transmission. Mais qu'en est-il de sa variabilité spatiale ? A très fine échelle, en effet, le lien entre densité anophélienne et transmission se complexifie. Le « climat régional » est donc une condition nécessaire mais non suffisante pour expliquer le risque palustre.

Enfin, ajoutons que la saisonnalité s'exprime aussi par la phénologie. Or, nous n'avons pas eu les moyens de l'étudier (au travers de séries temporelles de végétation produites à partir d'images satellites par exemples (Menenti et al 1993)). Une variation des caractéristiques de la végétation permet peut-être d'expliquer la part d'incompris qui subsiste dans l'évaluation de la densité anophélienne en ne prenant en compte que les paramètres climatiques.

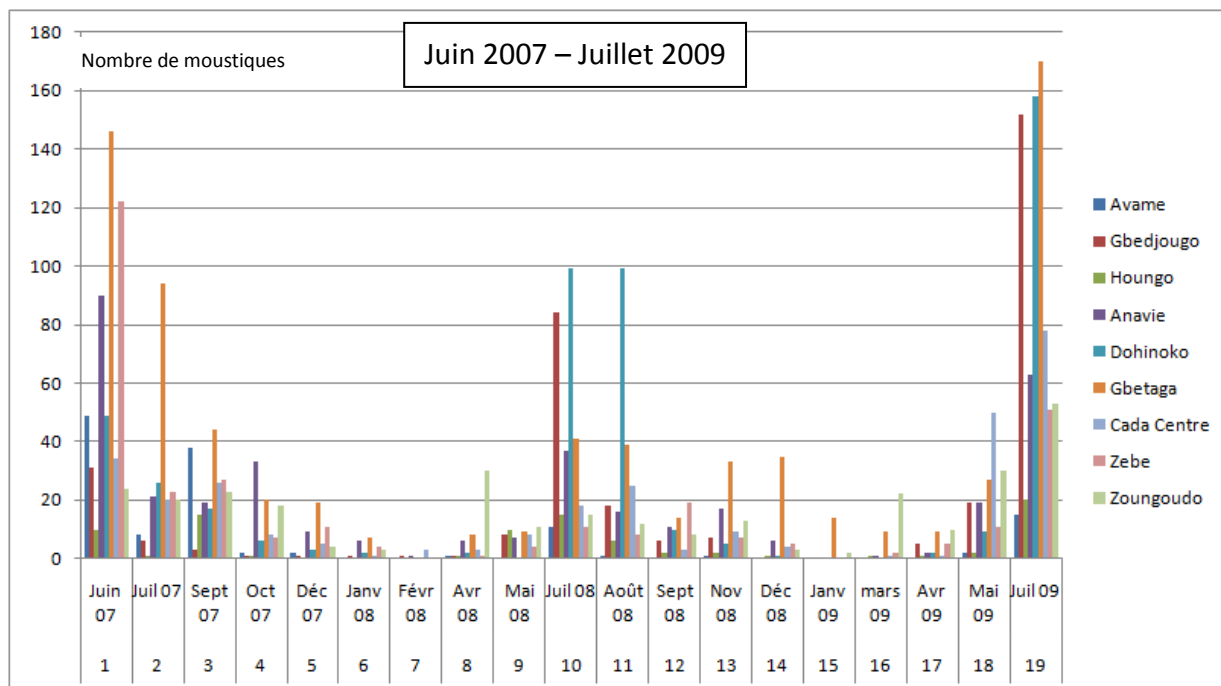


FIGURE 24 : SAISONNALITÉ DES ANOPHÈLES – DONNÉES DE TERRAIN

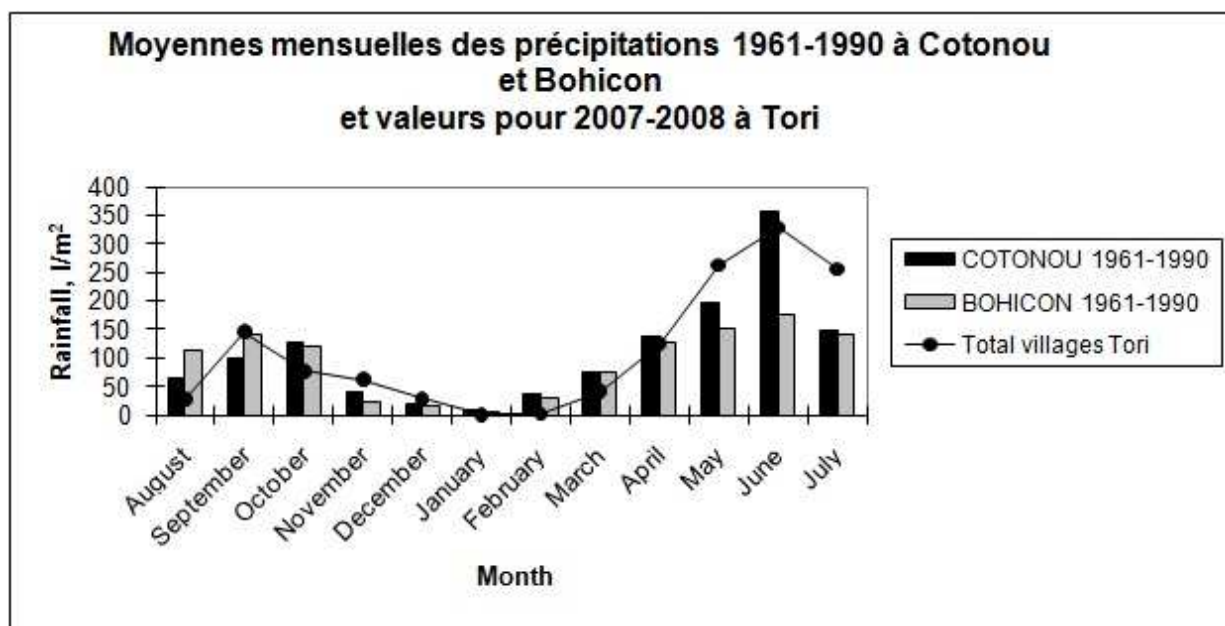


FIGURE 25 : MOYENNES 1960-1990 DES PRÉCIPITATIONS DES DEUX STATIONS NATIONALES ENTOURANT TORI ET VALEURS POUR TORI - Données Météo France et données de terrain

2.2 LES AUTRES ÉLÉMENTS DU MILIEU

Une abondante littérature décrit les conditions écologiques favorables à l'établissement de gîtes à *Anophèles gambiae*. Service (Service, 1993) a montré que les moustiques étaient attirés par des pièges sur des distances inférieures à 30 mètres, d'où l'importance de la micro-échelle dans l'identification des gîtes et de leur proximité aux populations. On connaît aussi l'importance des gîtes anthropiques (surfaces irriguées, fosses d'emprunt de terre...) à proximité des lieux de vie des populations (Fillinger et al 2004).

L'écologie des gîtes des sous-espèces d'anophèles (Mutuku et al 2006), en particulier *Anopheles gambiae*, principal vecteur du paludisme dans la plaine côtière du sud du Bénin (Dale & Knight 2008), est théoriquement bien connue. Les caractéristiques en sont : une eau claire et ensoleillée, la proximité nécessaire avec des populations (préférence trophique majeure pour les humains, et secondaire pour les animaux) qui leur fournissent leurs repas de sang nécessaires au cycle reproductif. Mais ces caractéristiques théoriques globales cachent une diversité de situations propices aux gîtes.

Les caractéristiques des gîtes des trois principaux vecteurs de cette zone se résument ainsi (figure 26) :

- Gambiae : forêts, savanes humides. Héliophile donc présent autour des villages et routes ensoleillées des zones forestières humides. Gîtes dans collections d'eau temporaires, petites, peu profondes et ensoleillées, sans végétation. Caractéristiques des gîtes semi permanents : modification du milieu avec croissance de la végétation donc disparition progressive des gîtes.
- Funestus : savanes et forêts. Gîtes permanents ou semi permanents avec végétation herbacée flottante ou émergente. Eau claire et profonde.
- Nili : (vecteur secondaire mais peut être localement important). Forêts et savanes. Eau claire, abondante et bien oxygénée. Végétation aquatique ou débris.

Notons que dans cette étude on a pris en compte seulement la sous-espèce *anopheles gambiae*, vecteur largement majoritaire à Tori-Bossito.



FIGURE 26 : TYPOLOGIE DES GÎTES À *ANOPHELES GAMBIAE* - © C. Pierrat, 2009

Le sud du Bénin connaît cependant des modifications de son milieu naturel : il a tendance à se désertifier, et la présence de forêt dégradée rend possible la colonisation par des espèces savaniques comme *An. arabiensis*. Mais ce nouveau vecteur potentiel appartient au complexe Gambiae et ses gîtes larvaires ont les mêmes caractéristiques que celles des autres espèces du complexe. De plus, les espèces sont en constante évolution. Leur adaptation récente et croissante au milieu urbain et à sa pollution en témoignent (paludisme urbain à Dakar - (Pages et al 2008)). Cartographier chaque gîte s'avère donc une tâche difficile, du fait de leur caractère évolutif, de leur nature micro-spatialisée et anthropique. Les travaux d'écologie vectorielle ont surtout utilisé la télédétection pour tenter d'identifier les lieux favorables à la ponte des œufs.

2.2.1 L'écologie vectorielle et la télédétection

La télédétection appliquée à l'écologie vectorielle a jusqu'à présent identifié divers moyens pertinents pour prédire la localisation des gîtes à méso-échelle. Mais sur le terrain, il apparaît que ces indices sont calculés à une échelle trop vaste pour expliquer la cartographie du nombre de moustiques trouvés à Tori.

En effet, la télédétection utilise la signature spectrale spécifique de chaque élément de l'occupation du sol capté par satellite. Elle permet donc d'identifier les biotopes des anophèles ainsi que les facteurs sociaux intervenant dans la transmission tels que la distribution de la population, sa densité, le caractère isolé des maisons... Utilisés depuis une dizaine d'années pour la cartographie des gîtes (Kalluri et al 2007), les logiciels de télédétection permettent de calculer des indices rendant compte du stade de la végétation, d'isoler les périmètres bâtis, les routes, d'identifier les portions du sol occupées en eau... Certains indices construits par des calculs sur diverses bandes spectrales sont en corrélation avec le niveau de transmission du paludisme ou avec des densités anophéliennes. L'indice d'humidité du sol dérivé de la topographie à échelle fine est corrélé au niveau de transmission à l'échelle de la maison dans des villages des montagnes de l'ouest du Kenya (Cohen et al 2008). Aujourd'hui, l'enjeu de l'utilisation de la télédétection dans un but épidémiologique est plus globalement de parvenir à définir des « zonages écologiques » des lieux propices au paludisme pour permettre d'élucider les mécanismes biologiques qui sous-tendent la distribution des vecteurs ou de la végétation. Réfléchir sur ces « écozones » appellerait ainsi une réflexion sur les variables choisies, sur le nombre optimal de zones et sur les liens avec les classifications plus traditionnelles du climat et de la végétation (Brooker et al 2002). Mais la question de l'échelle est essentielle. Dans notre étude, nous avons tenté de caractériser et d'expliquer les différences de densités d'anophèles récoltées d'une maison à l'autre, d'un village à l'autre.

2.2.1.1 Méthodologie et résultats à Tori-Bossito

La méthodologie a été contrainte par le choix de l'image satellite et par les réalités de terrain. Nous avons pu acquérir via le programme ISIS du CNES¹ une image SPOT 5 datant de

¹ Programme du CNES permettant au secteur de l'éducation et de la recherche d'acquérir des images satellites à un tarif extrêmement avantageux. Coût pris en charge par l'IRD (UMR 216).

mai 2003 (figure 27), que nous avons exploitée avec le logiciel de télédétection Idrisi Kilimandjaro (Clark's Lab). L'image SPOT 5 acquise comporte quatre bandes couleur : Rouge, Vert, Bleu, Infrarouge. Nous sommes donc dans du multi spectral, ce qui implique essentiellement la réalisation de méthodes de classification (avec en amont des rehaussements, segmentations...) pour l'analyse numérique. Mais on a dû se contenter d'une analyse de l'image sans réels possibles allers-retours avec le terrain. En effet, les enquêtes sur le terrain pour l'identification de parcelles-témoins ont été réalisées en juin 2008 et juin 2009, et l'image disponible date de mai 2003. Or, les cultures et l'occupation du sol varient énormément d'une année à l'autre et même au cours d'une même année, les cycles étant inférieurs à un an pour la plupart des cultures. D'où le choix de la réalisation d'une classification non supervisée pour identifier les différents types d'occupation du sol.

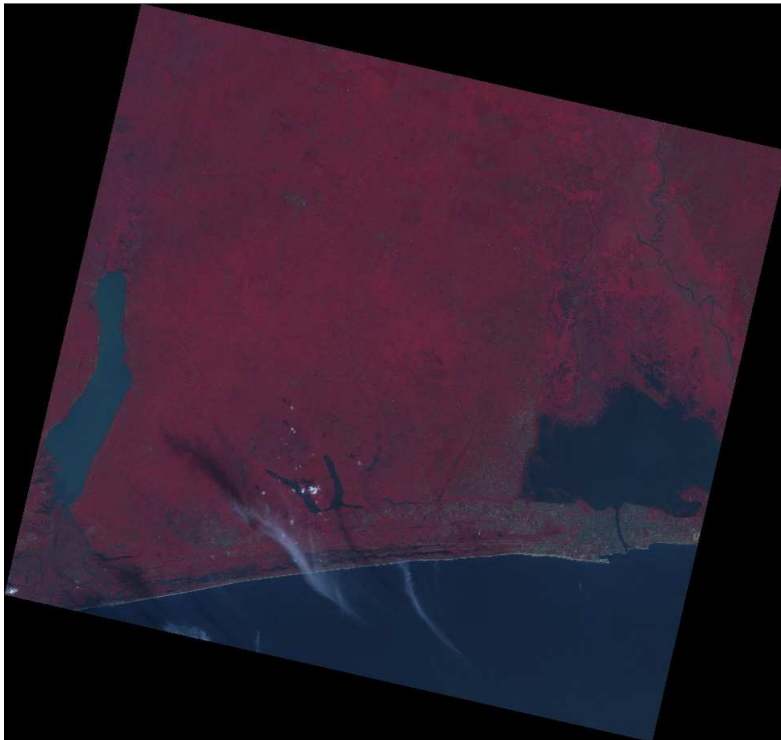


FIGURE 27 : IMAGE SPOT 5 – Source : Image SPOT 5, CNES, 2003, distribution Spot Image S.A.

Les traitements préalables subis par l'image se sont limités à des rehaussements radiométriques. En effet, le mois de mai se trouvant juste avant le démarrage de la grande saison pluvieuse, l'image a une faible nébulosité, fait rare à ces latitudes, ce qui a permis de ne pas avoir à traiter spécifiquement les problèmes de modification des signatures

spectrales que peut causer une couverture nuageuse, même partielle. Les quatre bandes spectrales disponibles ont limité par ailleurs l'analyse de la végétation : une analyse plus fine aurait nécessité en effet différentes longueurs d'ondes d'infrarouge. Quant à l'identification du bâti, il a posé problème, parce qu'il n'est pas toujours associé, dans cette zone rurale, à des signatures spectrales spécifiques du bâti usuel composé de toits de tôle ou de briques. L'analyse visuelle a donc dû s'appuyer sur la reconnaissance des formes des objets : l'agrégation spatiale s'est faite sur des critères de texture et de structure (association, fréquence, direction...). Cependant, on a quand même calculé un indice de cuirasse¹ qui a donné des résultats satisfaisants. Toutes les petites zones et agglomérations bâties ont pu être bien isolées. Mais cet indice a également identifié les routes dans la catégorie du bâti. Pour pallier cet inconvénient, on a amélioré manuellement sous Arc Gis les polygones dessinés, après avoir reclassé l'image en deux catégories : le « bâti » (1) et le reste (0). Les pas de temps et la répartition spatiale des données de capture disponibles ont nécessité le recours aux outils de statistique spatiale d'Idrisi pour la mise en œuvre de l'échantillonnage spatial. En effet, les sites de capture n'étant pas uniformément répartis sur l'ensemble de la zone d'étude, et la mesure du nombre de moustiques étant notre étalon pour mesurer la pertinence des indices calculés, on a construit des zones-tampons de 100 mètres autour de chaque maison de capture. C'est au sein de ces « buffers » et pour chacun d'eux que l'on a calculé la valeur moyenne de chaque indice.

L'approche choisie pour cette analyse est sensiblement différente des méthodes « classiques » car on a une très petite zone dans laquelle on recherche des densités anophéliennes pour des lieux très localisés. Pour identifier les territoires propices aux gîtes, on a donc choisi de ne pas faire d'ACP (Analyse en Composantes Principales), ou de régressions linéaires pour isoler les différentes variables. Nous avons sélectionné les territoires jouxtant les sites de captures afin d'avoir une échelle cohérente avec les mesures, et nous avons réalisé des calculs d'indices choisis au regard des variables qui nous semblaient pertinentes pour l'organisation de l'occupation du sol.

¹ L'indice de cuirasse permet de dissocier les couvertures végétalisées des étendues minérales (notamment des cuirasses). Les surfaces végétalisées et aquatiques apparaissent en noir alors que les surfaces minéralisées sont codées en gris clair ou en blanc.

La classification non supervisée réalisée sur l'image SPOT 5 (figure 28) montre des zones légèrement différentes d'un village à l'autre quant à l'occupation du sol à l'échelle qui nous intéresse. Le bas-fond nord-sud ressort bien, avec sept autres classes qui représentent le bâti et les routes, et la végétation à différents stades (différentes densités chlorophylliennes).

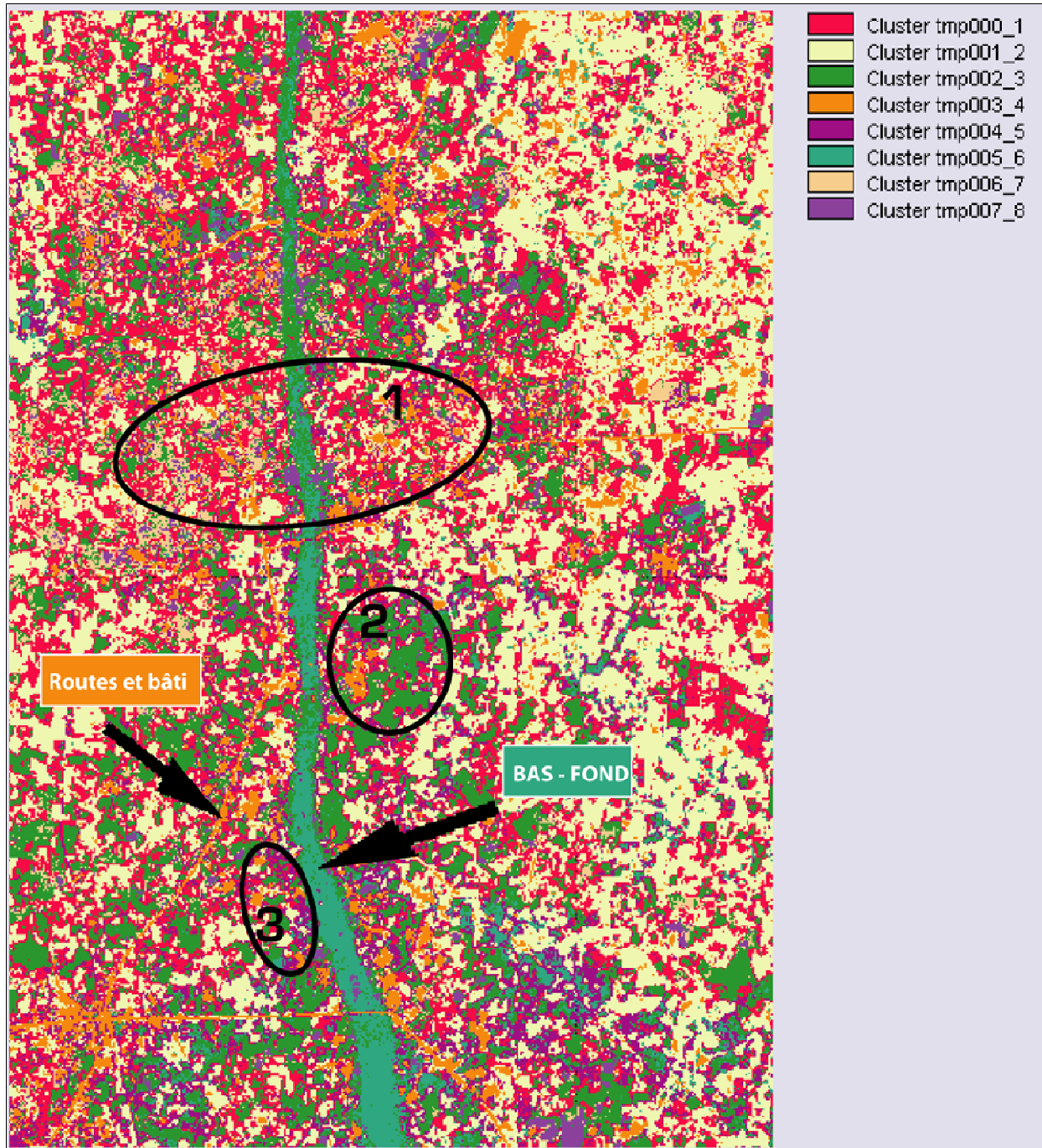


FIGURE 28 : CLASSIFICATION NON SUPERVISÉE SUR L'IMAGE SPOT 5

Si le paysage est une véritable mosaïque de petites parcelles représentant des stades de végétation très différents, on peut distinguer trois zones différentes du nord au sud en suivant le bas-fond, sans pouvoir toutefois préciser clairement à quoi correspondent les classes identifiées automatiquement (et représentées par des couleurs arbitraires), pour les raisons citées plus haut. Néanmoins, on peut dire que les observations de terrain ont révélé que les villages du nord (correspondant à la région n°1) étaient plus agricoles, tandis que les villages les plus proches du bas-fond (n°3) ont davantage de sols inondés régulièrement. La région n°2 semblerait correspondre, à la différence des villages du nord, à un paysage intégrant davantage d'îlots arborés, donc moins défriché, ou avec des parcelles plus grandes.

Comme on vient de le voir sur l'image satellite, le paysage de Tori-Bossito (figure 29) est globalement caractérisé par une mosaïque d'îlots de forêt dégradée et de parcelles cultivées souvent de petite taille. La densité anophélienne peut être liée à la densité de la végétation, calculable par des indices qui permettent d'identifier les parcelles avec une végétation haute ou un sol quasiment nu par exemple.

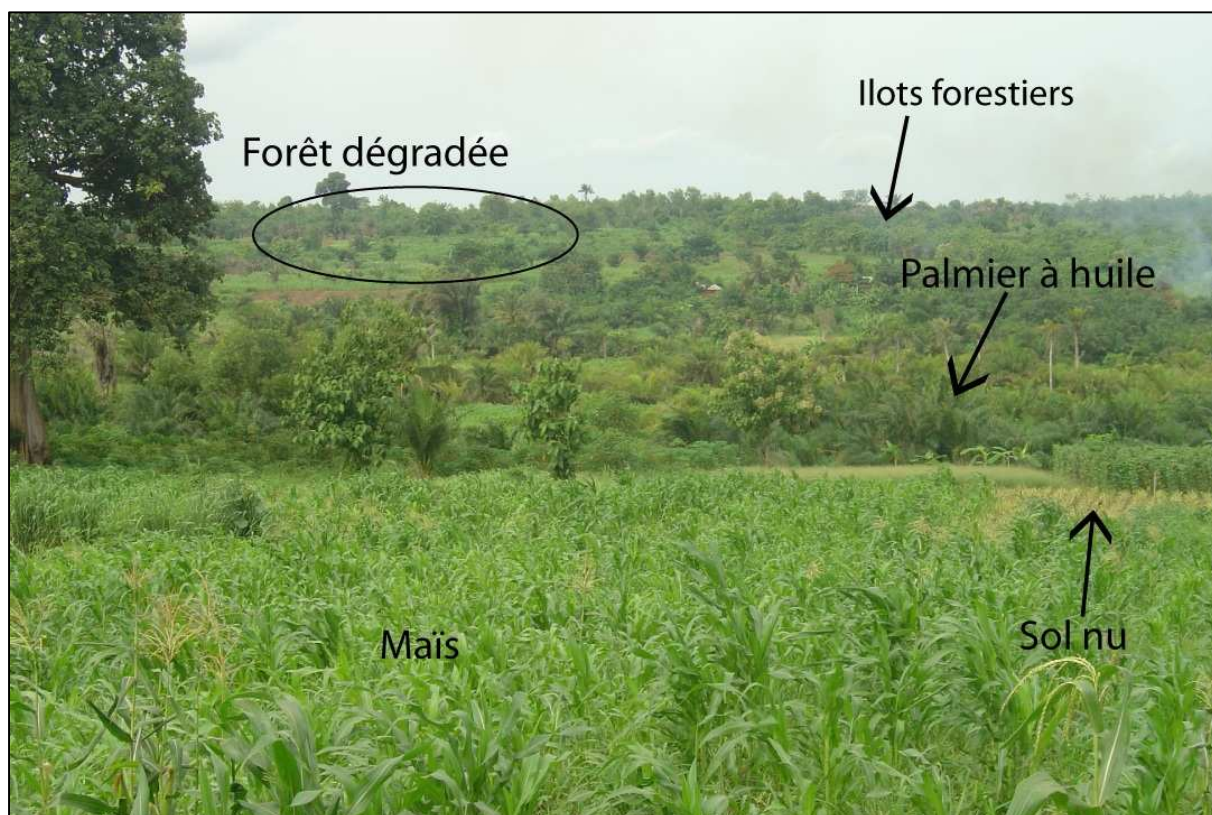


FIGURE 29 : PAYSAGE MOSAÏQUE DE TORI-BOSSITO - © C. Pierrat, 2009

2.2.1.2 Indices de végétation et densité anophélienne

Les indices habituellement utilisés en écologie vectorielle (Beck et al 1994; Brooker et al 2002; Dale & Knight 2008) sont centrés sur la végétation : type et stade, car ces deux caractéristiques influencent le vecteur. Pour *Anopheles gambiae*, amateur de collection d'eaux claires et ensoleillées, l'identification des lieux propices à l'établissement des gîtes : proches d'une collection d'eau, mais dans un endroit avec une moyenne ou une faible densité chlorophyllienne, suppose le repérage des zones d'eau et des zones végétalisées. Ainsi, les NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) et ses variantes (PVI, etc.....) ont été souvent utilisés pour estimer la densité chlorophyllienne (Kalluri et al 2007). Nous avons construit un PVI2. Le PVI 2 moyen calculé par buffer montre une faible hétérogénéité de densité de végétation d'une maison de capture à l'autre (figure 30).

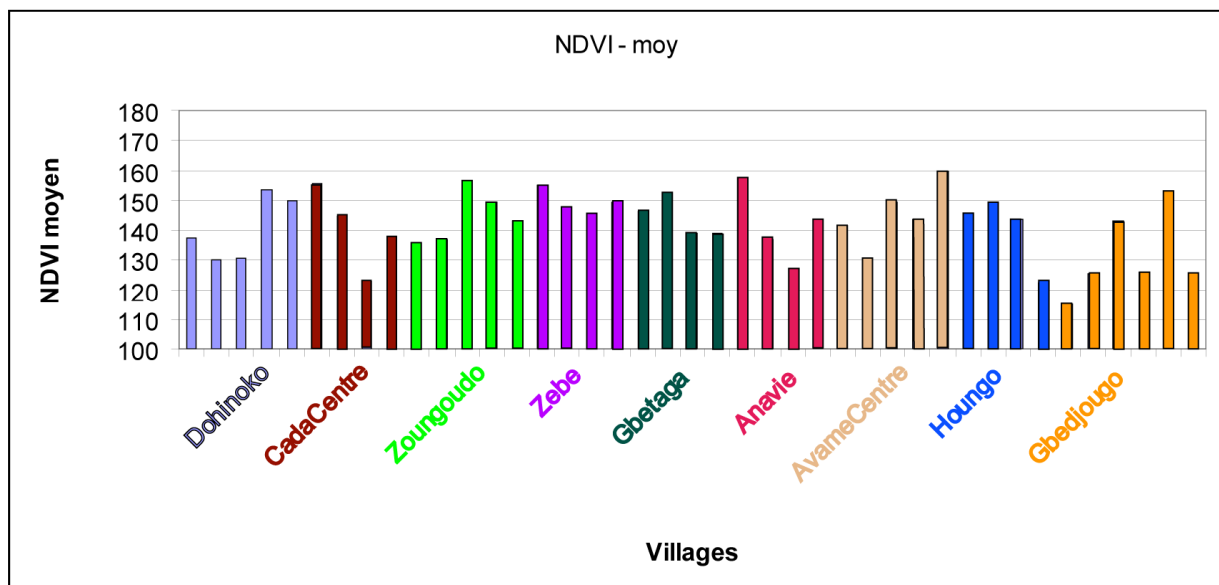


FIGURE 30 : PVI2 MOYEN PAR MAISON DE CAPTURE – DONNÉES DE TERRAIN

Comme nous ne disposons que d'une seule image, datée du 3 décembre, donc au début de la grande saison sèche, les types et stades de la végétation n'ont pas pu être analysés par télédétection. On sait néanmoins d'après le travail de terrain que, si certaines périodes de l'année sont bien dédiées au labour et d'autres aux récoltes, les cultures tropicales alternent très rapidement sur une même parcelle selon les périodes de l'année. Faire une

étude approfondie des types de végétation associés à la présence d'anophèles ne nous paraît donc à la fois pas possible et peu intéressant, d'autant que la mesure des anophèles dépend d'autres facteurs : les caractéristiques de l'habitat des maisons où sont faites les captures, l'échantillonnage des mesures....

L'occupation du sol, et en particulier les signes de présence humaine dans le paysage, influent sur le risque palustre (Reiter & LaPointe 2007). La fragmentation du paysage a été pensée comme un indicateur synchrétique pour rendre compte de cette idée d'occupation humaine. Nous avons regardé le niveau de fragmentation des formations forestières, des savanes arbustives et des espaces agricoles, comme signes de transformations humaines du paysage « naturel » et donc de proximité avec l'occupation humaine.

L'indice de fragmentation proposé par Idrisi calcule le nombre de classes différentes au sein d'une aire définie. On a défini ce nombre pour chaque buffer. Ce nombre varie d'un peu moins de 30 pour la maison 3 à Avame Centre à un peu plus de 70 pour la maison 1 à Cada Centre et la maison 4 à Anavie (figure 31).

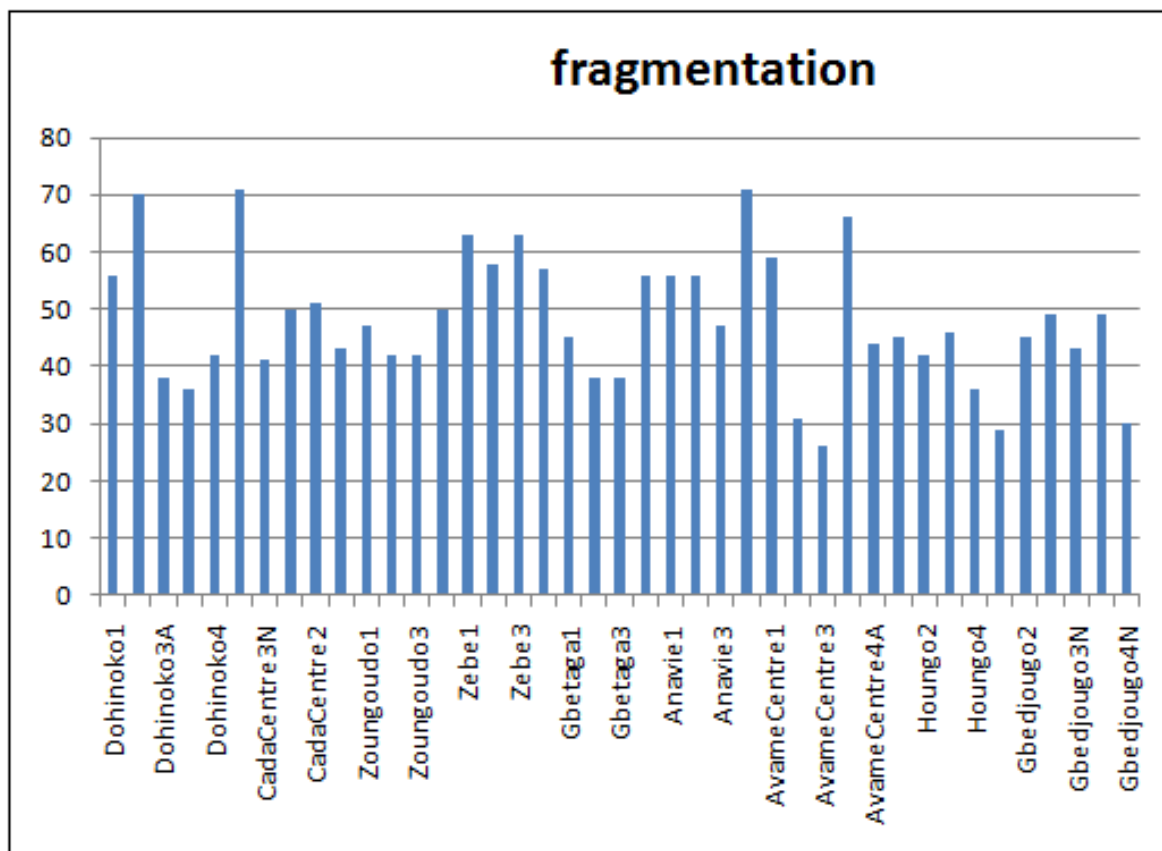


FIGURE 31 : INDICE MOYEN DE FRAGMENTATION POUR CHAQUE MAISON DE CAPTURE

Une grande hétérogénéité caractérise les situations des maisons de capture, leur indice de fragmentation pouvant aller du simple au double. Cependant, la corrélation entre le nombre moyen d'anophèles récoltés par mission et par maison et l'indice de fragmentation (figure 32) est soit très bonne (pour Avame par exemple), soit très mauvaise (Zoungoudo) selon les villages. La relation n'est donc *a priori* pas complètement pertinente (l'analyse statistique permettra d'affiner ces résultats).

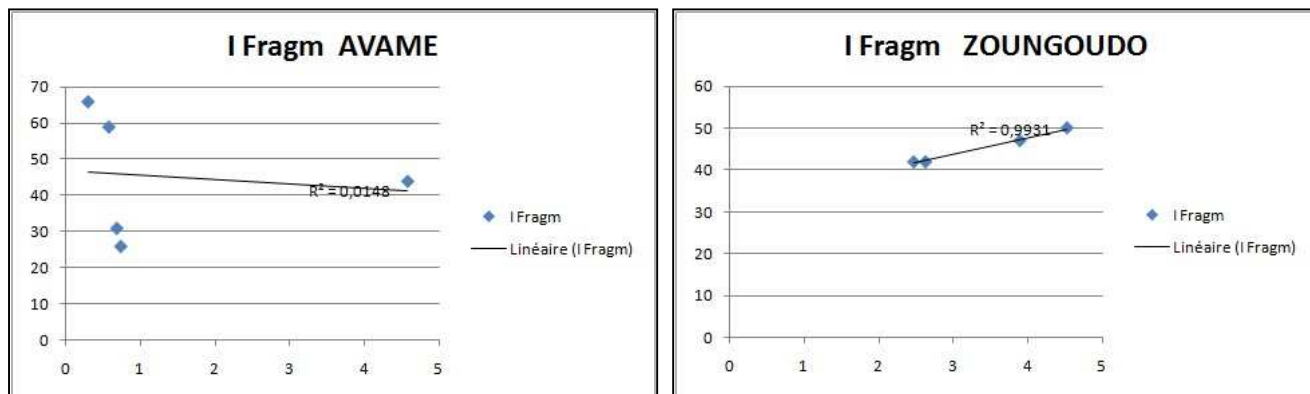


FIGURE 32 : CORRÉLATION NOMBRE D'ANOPHÈLES / INDICE DE FRAGMENTATION : DEUX EXEMPLES - DONNÉES DE TERRAIN

2.2.2 Les sols

Liés aux formations végétales, mais aussi distincts, les sols sont un autre déterminant de la capacité à héberger des collections d'eau sur un temps donné. Avec un volume de précipitations donné, la capacité de ruissellement ou d'infiltration d'un sol dépend de sa composition, de sa granulométrie, et des pentes. Or, Tori-Bossito est située dans la dépression de la plaine côtière du sud du Bénin. Deux types de sols se rencontrent sur la commune (figure 33) : les sols ferralitiques et les sols hydromorphes.

N'étant pas pédologue, nous reprendrons la brève description des sols au Bénin de Youssouf et Lawani (Youssouf & Lawani 2002) : « Du point de vue répartition, les sols ferralitiques occupent environ 10 % (11 260 km²) de la superficie totale du pays. Ils viennent en troisième position après les sols ferrugineux tropicaux et les sols peu évolués. Ces sols recouvrent les plateaux du Continental Terminal et le grès du Crétacé dans le sud-ouest du bassin sédimentaire, de la zone climatique côtière et pré-côtière, sous des pluviométries moyennes

annuelles comprises entre 850 et 1350 mm. La végétation caractéristique est un bush arbustif dans le sud [...]. Dans le bassin sédimentaire sud, les sols ferrallitiques ont de bonnes caractéristiques physiques : profondeur, drainage, pénétrabilité, mais de faibles capacités hydriques et chimiques. Ils sont diversement utilisés : pour des plantations forestières, mais surtout pour des cultures de maïs, d'ananas, de niébé, d'arachide et dans le maraîchage. L'utilisation de ces sols dans le bassin sud implique le recours à des épandages périodiques d'engrais chimiques à dominance potassique et une restitution aux sols des résidus de récolte. [...] Sur le socle granito-gneissique, il faut ajouter à ces contraintes un intense appauvrissement en éléments fins, une faible réserve minérale et l'existence de teneurs en éléments ferrugineux grossiers. Quant aux sols hydromorphes, ils sont caractérisés par un déficit prolongé en oxygène provoqué par une saturation temporaire ou permanente des pores par l'eau. Il en résulte une réduction et une mobilisation partielle du fer ainsi qu'un ralentissement de la décomposition de la matière organique. Ils couvrent 3 % de la superficie du pays ; soit 3 379 km² environ. Ces sols sont fréquents dans le sud Bénin, particulièrement dans les vallées du Mono, du Couffo et de l'Ouémé, ainsi que dans les zones côtières atlantiques. Ils se localisent également dans la partie basse de tous les petits thalwegs et constituent la majorité des sols alluviaux situés en bordures du fleuve Niger et de l'Alibori (nord du pays). Ces sols ont un haut potentiel de fertilité et conviennent à un grand nombre de cultures annuelles, comme celles du riz, du maïs, du piment, du manioc, de la patate et du niébé, fréquemment cultivés dans la vallée de l'Ouémé, où se trouve Tori-Bossito. Les principales contraintes relevées pour [leur] mise en valeur sont leur aptitude à être temporairement ou de façon permanente inondés avec des drainages réduits, [...] avec pour conséquence une mauvaise perméabilité et une certaine compacité, un pH acide et enfin une mauvaise décomposition de la matière organique. En résumé, on sait que les horizons A et B des sols intertropicaux sont très épais, et perméables lorsqu'ils ne sont pas localement transformés en cuirasse. [...] La couche humique est paradoxalement très mince (car pourtant la biomasse fournit beaucoup de feuilles mortes). La litière d'une forêt tropicale humide disparaît en général en moins de six mois (effet des fourmis, termites... qui mangent la matière organique). Les végétaux sont mal nourris et le lessivage entraîne loin les engrais apportés. [...] Les sols hydromorphes sont périodiquement réalimentés en alluvions fraîches qui restent très humides en période de basses eaux. L'excès d'eau y est asphyxiant. Il modifie les échanges. La végétation drue est ici due au climat et non aux sols ».

Il est intéressant de mettre en relation sols et maisons de capture, puisque les sols conditionnent la disponibilité en eau nécessaire au développement des larves d’anophèles. Les sites sur les sols hydromorphes restent plus longtemps en eau. Ils correspondent aux maisons de capture Houngo 1, Houngo 3, Houngo 4, Gbedjougo 3 et Gbedjougo 5. Quant aux trente-six autres sites, ils sont sur des sols ferrallitiques qui drainent bien l’eau.

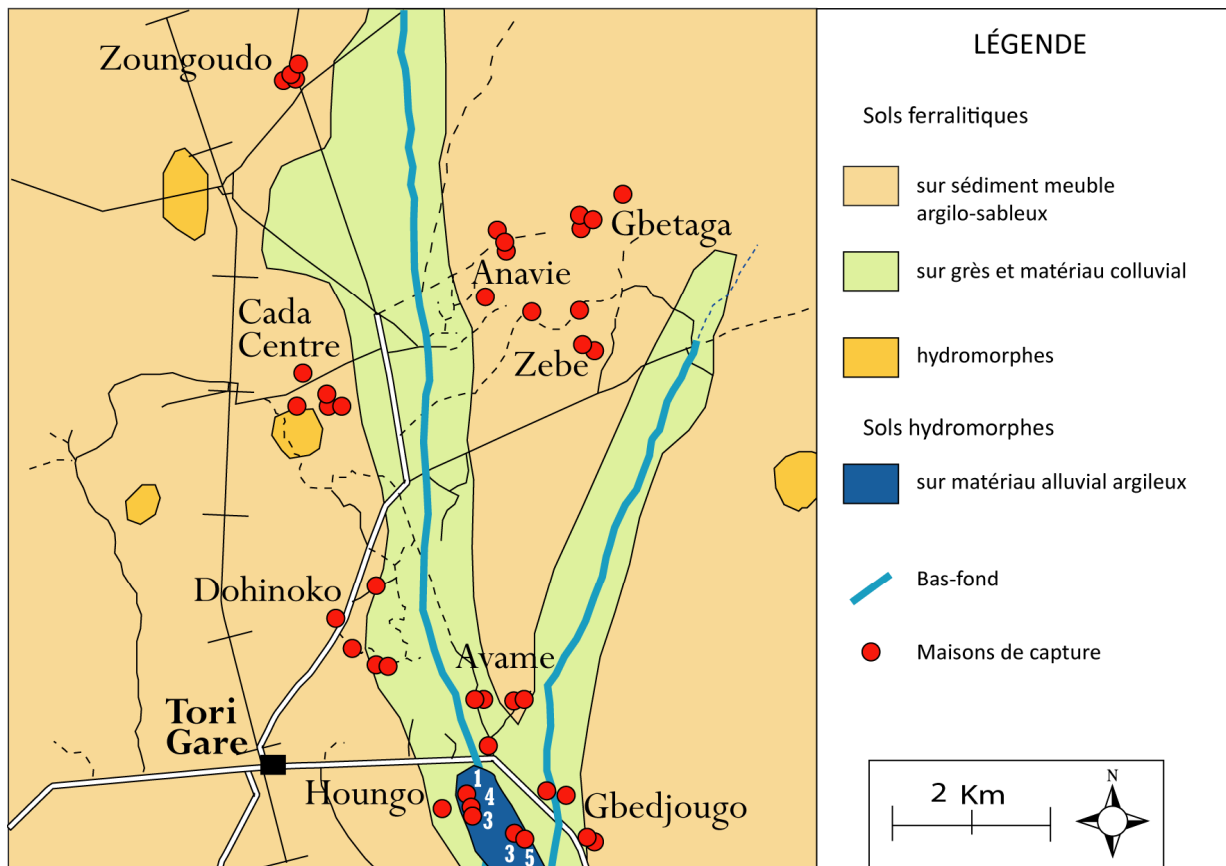


FIGURE 33 : SITUATION DES MAISONS DE CAPTURE PAR RAPPORT AU TYPE DE SOL – Données de terrain et carte géologique déjà citée p. 27

Si on croise maintenant la quantité d’anophèles récoltés dans chacun de ces points (cf. figure 11 p. 42) et les sols, la récolte a été plus abondante sur les sols ferrallitiques. Pourquoi ? Pour les entomologistes, les anophèles ont besoin d’une eau ensoleillée pour pondre leurs œufs. Or, le bas-fond est un sol perpétuellement en eau, mais recouvert d’une végétation très dense. Il y a en outre peu de passage d’humains ou même d’animaux qui pourraient l’aplatir

ou la défricher par endroit. C'est donc un milieu identifié *a priori* comme non favorable à l'établissement de gîtes.

A partir de ces connaissances, il a été cherché un gradient de capacité d'absorption de l'eau par le sol selon la distance au bas-fond. Pour ce faire, on a tenté une analyse granulométrique sur un transect (figure 34) allant d'un point du bas-fond au nord-ouest de Tori jusqu'au point le plus proche atteignant le plateau à l'altitude de 80 mètres. On a choisi de prélever trente échantillons sur le transect, espacés de 100 mètres chacun, dans la couche superficielle du sol.

On a donc récolté dans trente sachets l'équivalent d'un décilitre de terre, en creusant sur une vingtaine de centimètres. Les analyses ont été faites au laboratoire de Géophysique de Meudon¹, en deux temps. La première étape a consisté à isoler les éléments les plus gros : cailloux, concrétions diverses... On a ensuite analysé chaque échantillon à l'aide d'un granulomètre laser (protocole complet décrit en annexe V). La granulométrie laser (<http://www.cilas.com/francais2/html/frgranul/theorie/ffrau.htm>) est une technique de mesure qui consiste à analyser la taille des particules (poudres, suspensions et émulsions) en utilisant le principe de diffraction (théorie de Fraunhofer) et/ou de diffusion (théorie de Mie) d'un faisceau laser, selon la taille de la particule. Le granulomètre a permis d'isoler la proportion d'argiles (particules inférieures à 2 µm), de limons (entre 2 et 20 µm), et de sables fins (de 20 à 200 µm). Les résultats des analyses (figure 35) montrent que ces trois tailles de particules se retrouvent sur l'ensemble du transect, sans gradation réelle en fonction de l'altitude. Cela est dû à l'intense mise en valeur du sol, qui mélange sur la couche superficielle les différentes particules, et, sur les portions près des routes, aux déblais et remblais effectués pour leur construction. À mesure que l'on se rapproche du bas-fond, les limons se retrouvent tout de même en plus grande proportion par rapport aux argiles, ce qui était un résultat attendu.

¹ Merci à Charles Le Cœur pour son accueil au LGP et à Franck Goupille pour son aide dans la réalisation des analyses.

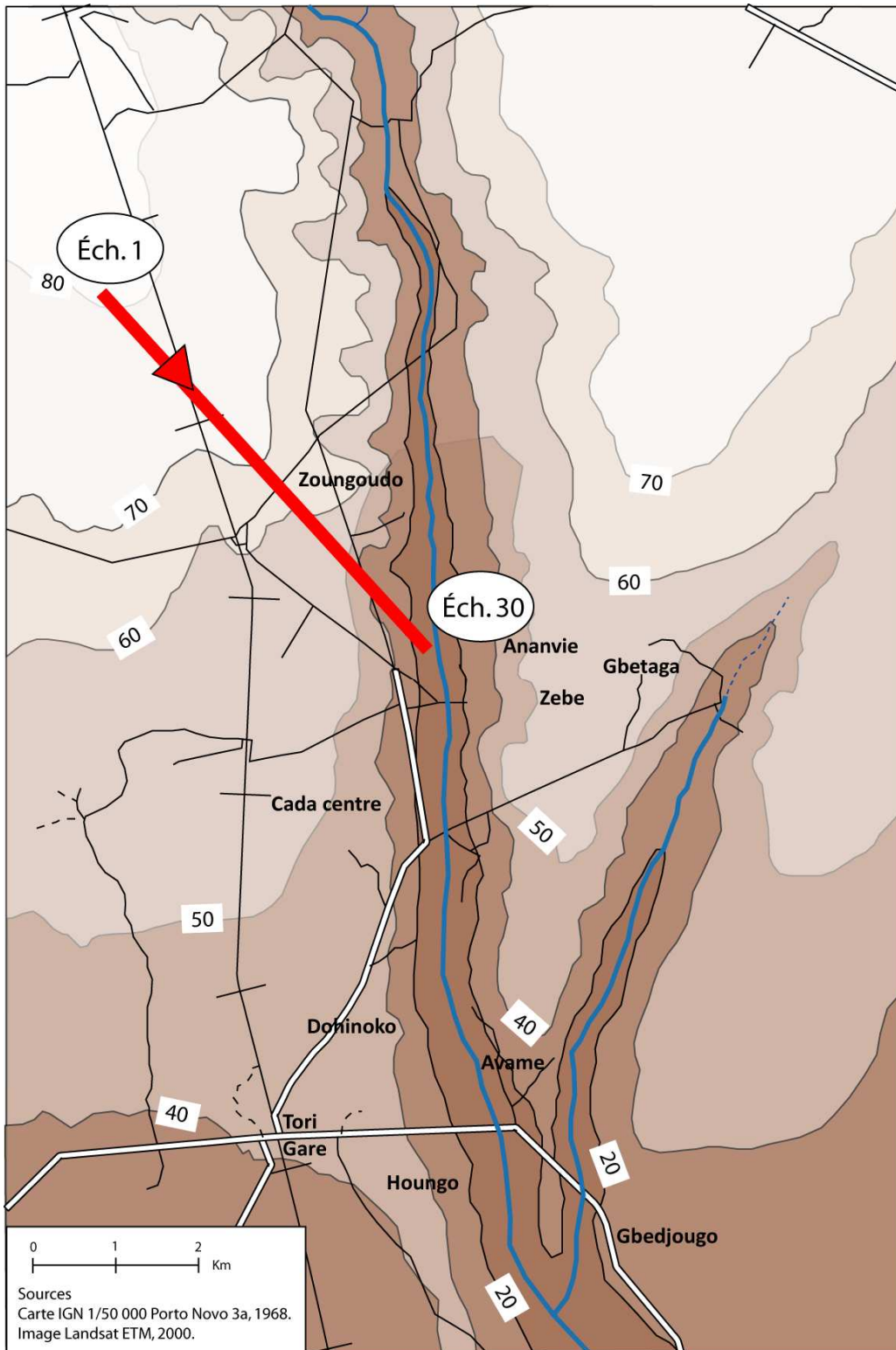


FIGURE 34 : LE TRANSECT DES RELEVÉS

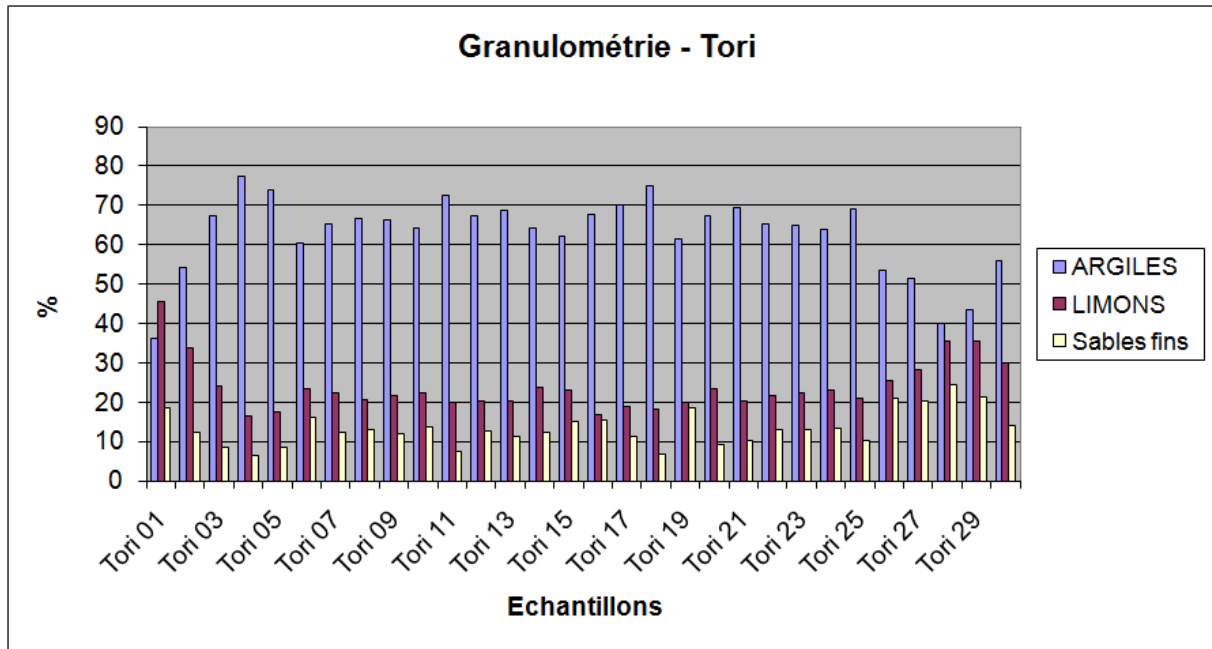


FIGURE 35 : GRANULOMÉTRIE DES ÉCHANTILLONS – DONNÉES DE TERRAIN

On ne peut raisonnablement extrapoler ces données à l'ensemble de la zone, même si l'on peut conclure que le sol est trié de la même manière sur l'ensemble du territoire de Tori. Ce qu'il faut retenir, c'est que la capacité du sol à retenir l'eau doit être cherchée davantage dans les effets de micro-topographie créés par les constructions (fosses d'emprunt de terre), les abords des routes... Des micro-dépressions pouvant accueillir des petites collections d'eau qui ne sont donc pas naturelles.

La cartographie systématique des gîtes par télédétection est limitée par leur caractère anthropique et micro-spatialisé. La télédétection ne peut servir qu'à définir des zones écologiques favorables à l'échelle régionale (zones irriguées, etc. ; cf. les nombreuses études sur les rizières, écosystèmes très particuliers (Fu & Chen 2000; Kebede et al 2005). Quand on compare la taille d'un micro-gîte, parfois inférieure à 1 m², à celle du pixel d'une image SPOT 5 qui est de 10 m², on comprend l'inadéquation méthodologique pour évaluer les zones de densité anophélienne. De plus, les limites liées à la méthode de mesure du nombre de moustiques existent dans toutes les études sur les liens entre occupation du sol et moustiques. En outre, si l'identification des gîtes se révèle difficile, identifier les lieux propices aux gîtes ne signifie pas identifier précisément les zones où la transmission est

élevée. Dans ces zones de forte densité anophélienne, il y a des foyers qui échappent à la transmission. C'est la limite de l'évaluation du paludisme par l'intensité vectorielle. Il faut donc s'intéresser aux caractéristiques qui expliquent une forte ou une faible transmission. Le moustique n'est pas le risque ; le risque naît lorsque les conditions de la transmission, donc du contact avec l'homme au moment épidémiologiquement dangereux, existent.

2.3 LE « PALUDISME TRANSMISSION » : THÉORIE ET RÉALITÉ À TORI

La question de la mesure du risque est essentielle. Que mesure-t-on quand on mesure le risque ? La densité vectorielle a souvent été utilisée pour déterminer un niveau de risque palustre. C'est l'enjeu des travaux d'écologie vectorielle. Or, la présence d'anophèles n'est pas un risque en soi. Elle ne le devient que si ce vecteur potentiel, une fois infecté, rencontre des populations vulnérables à la fois aux piqûres et à la maladie. On estime donc que le risque palustre est le nombre de cas de paludisme sur un territoire donné. Mais mesurer ce risque est difficile. À une échelle nationale, les chiffres de l'OMS sous-estimeraient le poids de la maladie (Carter & Mendis 2006), car dans certains pays les données sont très difficiles à obtenir, ou parfois assez éloignées de la réalité. On sait aussi que la mesure de la prévalence du paludisme dans une population ne donne a priori pas une bonne image de l'intensité de la transmission dans un lieu donné (Pilkington 2004). D'où la nécessité d'intégrer des données entomologiques qui seules peuvent informer sur l'abondance vectorielle et le niveau de transmission. L'alternative de la mesure du risque par l'évaluation du nombre de vecteurs et de piqûres est donc intéressante, mais suppose en complément l'étude des conditions de la transmission.

2.3.1 La mesure de la transmission

L'intensité de la transmission du paludisme est modulée par les interactions entre les humains, les anophèles et le parasite *Plasmodium*. Évaluer le nombre d'anophèles comme indicateur de risque c'est considérer que la quantité d'anophèles présents détermine la probabilité des populations résidant sur le même territoire à être infectées. C'est donc considérer qu'une densité de moustiques entraîne une certaine fréquence des contacts

homme-vecteur. Pour les épidémiologistes, c'est le « paludisme-transmission ». L'évaluation du nombre de moustiques se substitue à la mesure des cas de paludisme réels.

Plusieurs indicateurs ont été mis au point pour tenter d'évaluer la transmission. Le TIE (Taux d'Inoculation Entomologique) utilise deux paramètres d'intensité de la transmission : le nombre de piqûres reçues par chaque sujet sur un espace donné (taux d'agressivité anophélienne) et le taux d'infection de ces espèces vecteurs. Ces deux paramètres sont liés aux facteurs climatiques. Plusieurs études ont ainsi modélisé et prédit des TIE à partir de données climatiques et d'occupation du sol (Machault et al 2009). Mais les TIE sont prédits à une échelle trop vaste pour identifier et comprendre les déterminants de l'hétérogénéité spatiale de la transmission à très fine échelle.

La modulation de la transmission est aussi fonction de l'âge. Les enfants présentent moins de surface de peau et seraient moins piqués que les adultes. Mais ils sont dans le même temps moins immunisés. Les facteurs génétiques, enfin, pourraient jouer un rôle. L'agressivité anophélienne ne changerait pas le lien observé par les épidémiologistes généticiens entre susceptibilité génétique et niveau d'infection (Pilkington 2004).

Pour que la transmission s'effectue, il faut que les gîtes existent et soient à proximité des maisons (possibilités de piqûre) et que les anophèles soient infectés. Or, la production des gîtes dépend des conditions climatiques et de l'occupation du sol, et l'infectiosité est modulée par la durée du cycle sporogonique, qui dépend de la température. L'hétérogénéité des contacts entre hommes et vecteurs dépend donc de l'occupation du sol, elle-même reflet des activités humaines et de l'organisation sociale. Mais la végétation, le type de culture, ne sont pas les seules variables explicatives des lieux à risque de paludisme. Il y a bien une difficulté à prédire l'abondance vectorielle par rapport au milieu et au paysage (Kitron 1998). Car il y existe des limites à la mesure de l'intensité vectorielle, qui tiennent aux spécificités des différents protocoles qui peuvent être utilisés (voir Annexe IV) : soit des captures par pièges en extérieur, soit des captures sur appâts humains à l'intérieur et à l'extérieur des maisons. Si la première méthode peut être plus représentative de la présence de moustiques hors facteurs humains, mais avec quand même une question d'échelle de mesure (cela reste des mesures ponctuelles qui posent la question de la représentativité du territoire étudié), la seconde méthode, elle, est clairement dépendante, outre des mêmes

questions d'échelle, de facteurs humains. Il faut forcément à un moment s'intéresser à ce qui module la présence des anophèles dans les maisons où l'on effectue la capture. En effet, on s'aperçoit que, si à une échelle vaste, le lien entre l'abondance vectorielle et l'intensité de la transmission est bien connu, lorsqu'on se rapproche, ce lien est complexe et modulé par d'autres facteurs.

2.3.2 Un lien complexe à fine échelle

Roubaud, en développant en 1925 le concept d'anophélisme sans paludisme, observé en Europe où on notait une forte hétérogénéité de la transmission malgré la présence quasi constante d'anophèles, a bien montré la faiblesse des outils taxonomiques.

A Tori, on observe (figure 36) que les zones d'abondance anophélienne (Dohinoko et Gbetaga) et les zones de forte transmission (Gbetaga, Zoungoudo, figure 37) correspondent globalement, à l'échelle du village. Mais l'explication n'est plus suffisante lorsque l'on affine l'échelle (figure 38). L'hétérogénéité de la transmission au sein d'une même zone de forte densité anophélienne s'explique en effet par d'autres facteurs. Connaître une densité d'anophèles à très fine échelle n'est pas suffisante pour évaluer l'intensité de la transmission, pour deux raisons. La première est que les captures sont, par nature et par nécessité pratique, ponctuelles, et non extrapolables. La deuxième est la modulation par d'autres facteurs comme la densité humaine, l'habitat, etc.

Si une forte densité de moustiques entraîne beaucoup de cas de paludisme sur une zone donnée, la stricte connaissance des quantités d'anophèles ne suffit en revanche pas à évaluer le risque palustre. De plus, connaître avec précision le nombre d'anophèles ou le prédire par les seules caractéristiques du milieu est une gageure. Avec les paramètres climatologiques, c'est difficile à estimer ; et avec l'occupation du sol, les échelles d'analyse sont trop vastes.

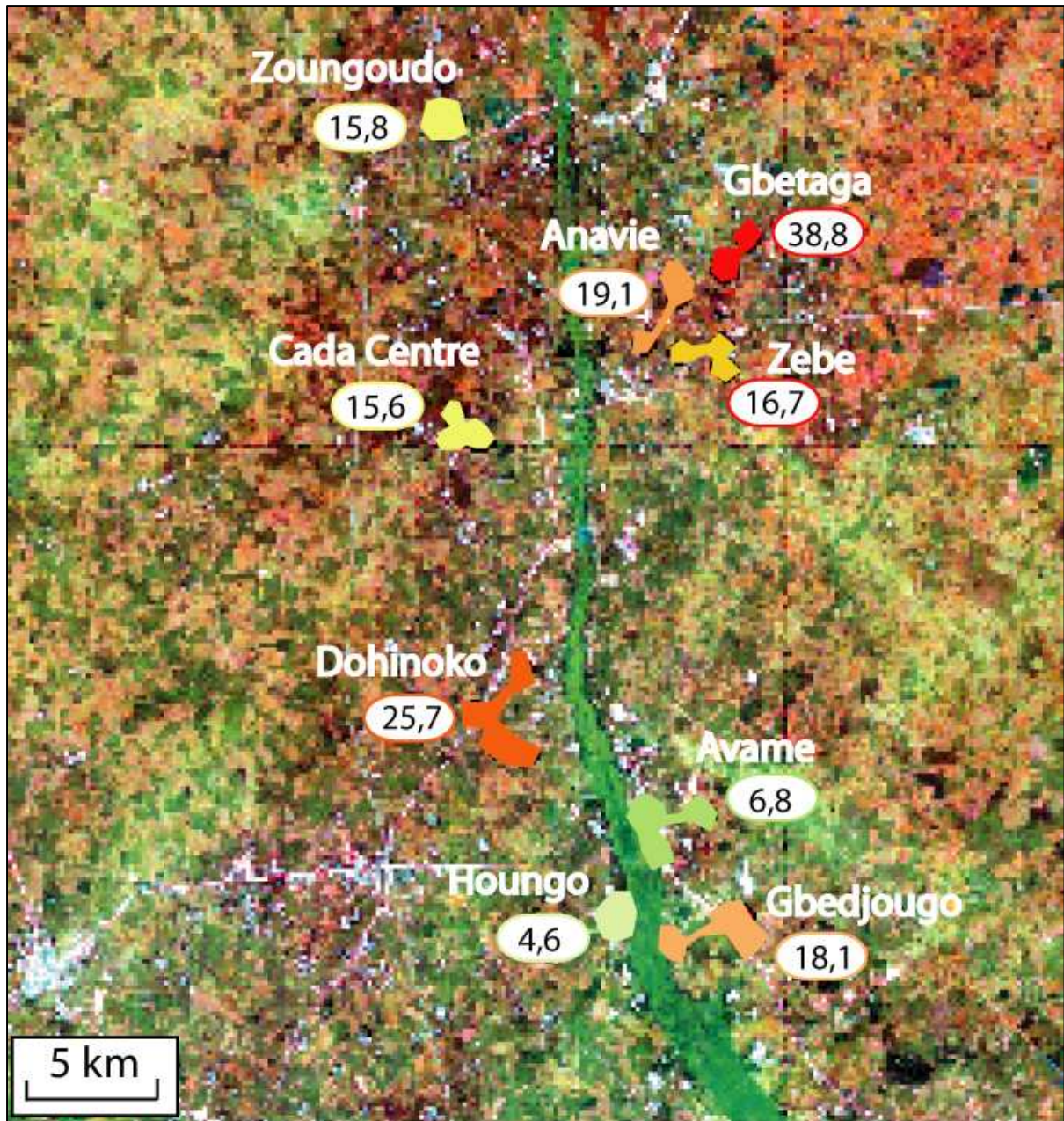


FIGURE 36 : HÉTÉROGÉNÉITÉ SPATIALE DE LA DENSITÉ ANOPHÉLIENNE - Les chiffres indiquent le nombre moyen d'anophèles récoltés pour l'ensemble des missions sur l'ensemble des points de capture de chaque village. – Données de terrain, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

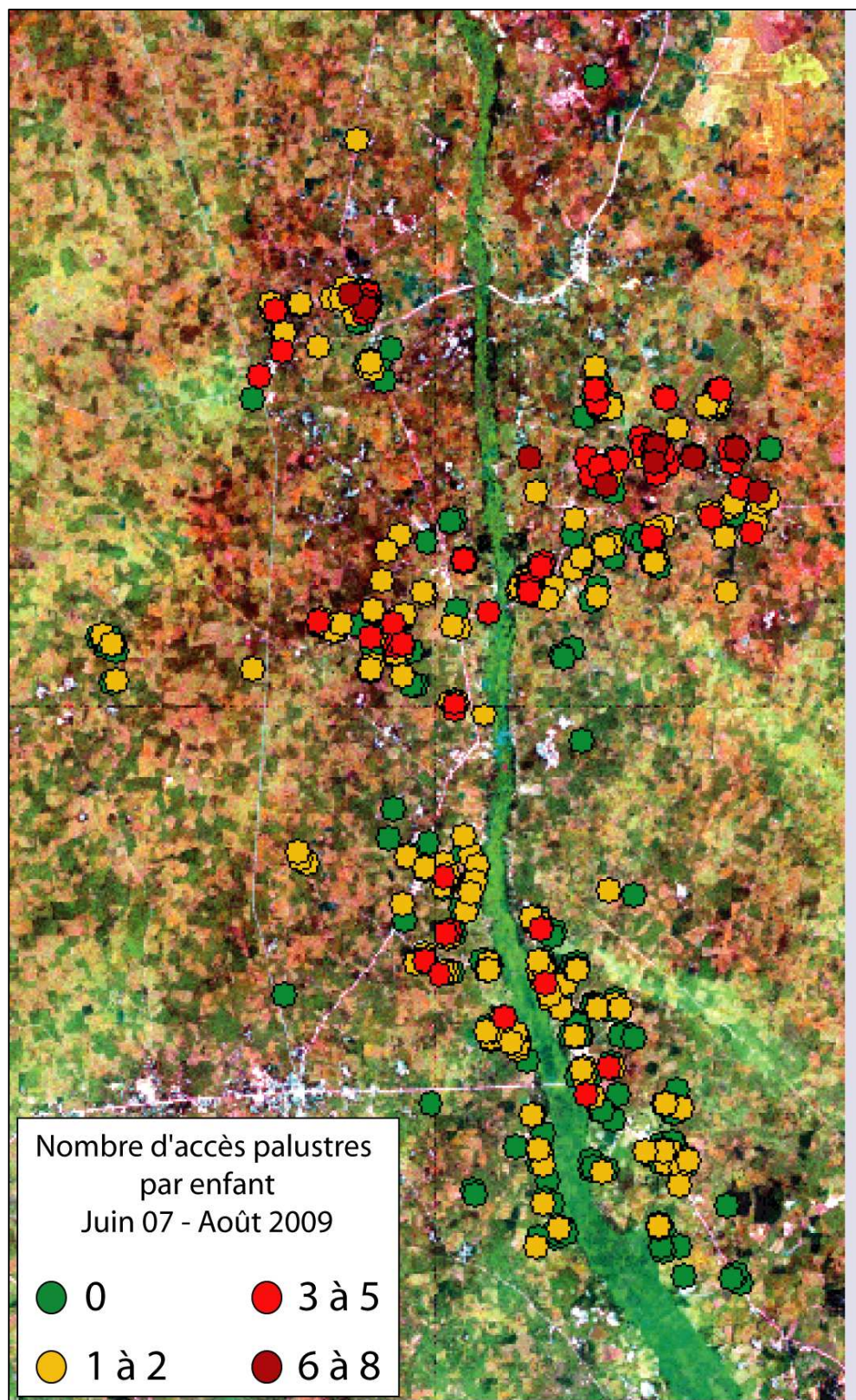


FIGURE 37 : HÉTÉROGÉNÉITÉ SPATIALE DES CAS DE PALUDISME - Un accès palustre correspond à un TDR (Test de Diagnostic Rapide, qui détecte les parasites dans le sang) positif détecté lors d'une consultation mensuelle ou d'une visite spontanée de la famille du nouveau-né en cas de fièvre. – Données de terrain, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

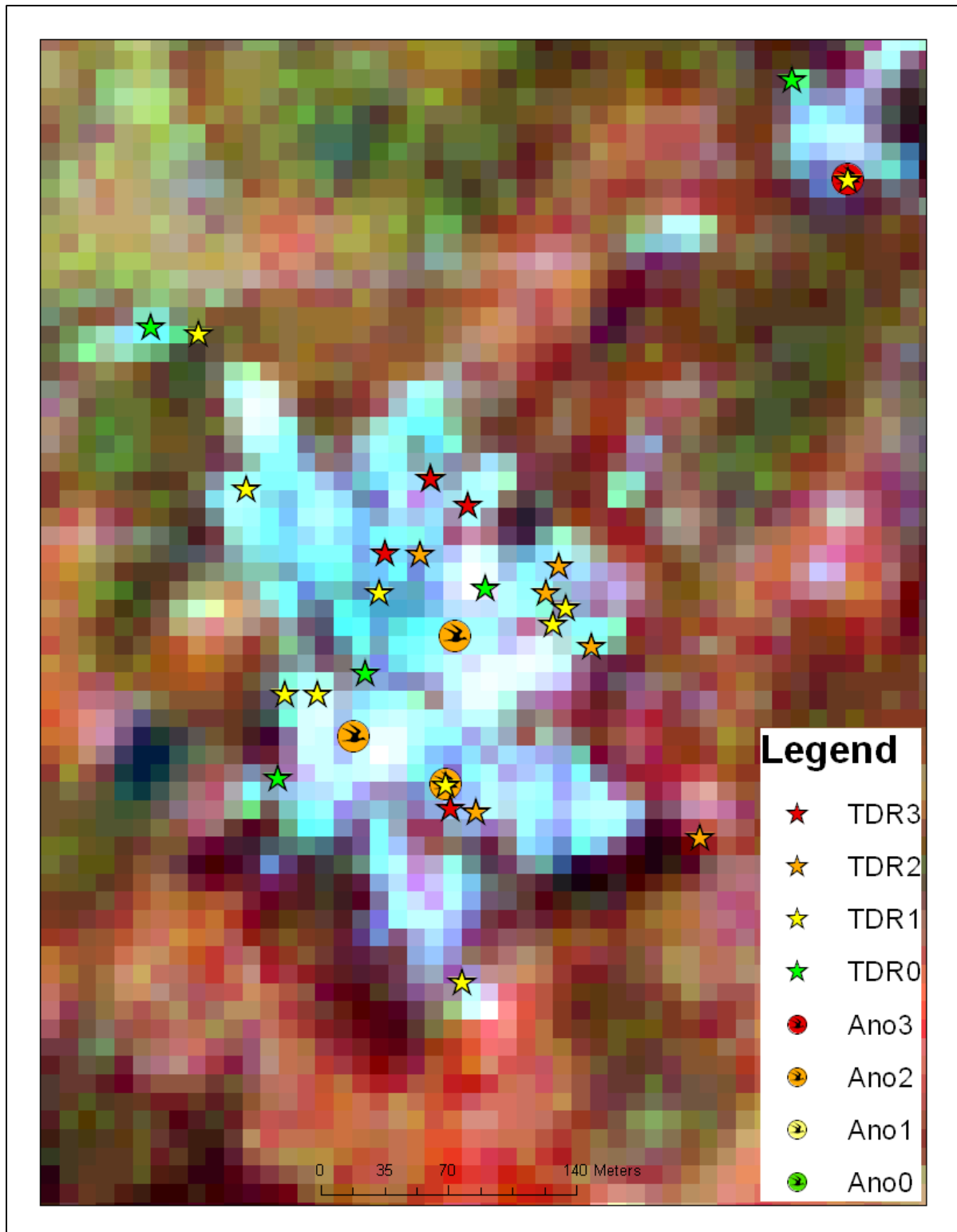


FIGURE 38 : NOMBRE D'ANOPHÈLES CAPTURÉS ET NOMBRE DE CAS DE PALUDISME AVÉRÉS À GBETAGA – TDR : test identifiant les parasites dans le sang, un TDR positif indique un cas clinique de paludisme. TDR0 : aucun cas ; TDR1 : de 1 à 3 ; TDR2 : de 4 à 5 ; TDR3 : de 6 à 8. Ano : nombre d’anophèles total récolté par maison lors des 19 missions. Ano 0 : aucun anophèle récolté dans la maison ; Ano1 : entre 1 et 5 ; Ano2 : 6 à 8 ; Ano3 : 8 à 11. – Données de terrain, d’après l’image SPOT 5 citée p. 34

En conclusion, les liens entre santé humaine et climat, abordés jusqu'à présent à l'échelle planétaire ou régionale, ont surestimé le rôle des facteurs climatiques dans les interactions complexes entre environnement et sociétés qui déterminent la propagation, l'émergence, ou la persistance de risques sanitaires. Pour le paludisme, savoir quels paramètres climatiques influencent plus ou moins les moustiques permet d'identifier les moments les plus à risque, c'est-à-dire la saisonnalité palustre. L'occupation du sol et notamment les différentes formes de végétation entretiennent une relation complexe et encore mal connue avec la densité anophélienne. La réponse du milieu fonctionne donc pour l'existence de la maladie, mais n'explique pas l'hétérogénéité spatiale du risque différenciant par exemple deux maisons soumises à la même pression anophélienne.

En effet, le climat n'est pas un risque en soi, le moustique non plus. C'est la rencontre d'un aléa – présence de moustiques – et d'une vulnérabilité – conditions de la piqûre touchant une population – qui crée le risque. D'ailleurs, dans la gestion du risque jusqu'à maintenant, on ne s'est pas du tout intéressé au climat, mais on s'est délibérément placé en aval du problème. Un regard sur l'évolution du climat et des maladies associées (tableau 4) montre bien la très relative importance du climat dans l'existence, le déclenchement, ou la disparition des principales épidémies ayant existé depuis l'apparition de l'humain sur Terre. On a donc surestimé le rôle du climat en général. Il explique en effet la variabilité temporelle du risque, déjà bien connue, dans les zones d'endémie et d'épidémie, mais ce n'est pas lui qui importe pour expliquer l'hétérogénéité spatiale du risque. La vulnérabilité différente des populations en fonction de leurs modes de vie (structures et matériaux de l'habitat, types et modes de culture, utilisation de moyens de protection....) apporte un autre élément de réponse. Le zoom sur la très fine échelle montre bien en effet que la réponse de la société au risque fait intervenir d'autres facteurs, d'ordre socio-économique, culturel, etc.

TABLEAU 4 : ÉVOLUTION DU CLIMAT ET DES MALADIES (MOUCHET ET AL 2004)

CHRONOLOGIE DES ÉVÉNEMENTS CLIMATIQUES ET DU PALUDISME EN EUROPE			
DATATIONS	GLACIATIONS, INTERGLACIAIRE ET HOMME	TEMPÉRATURES	PALUDISME
- 60 000	Glaciation de Ris Néandertaliens		
- 30 000 à - 10 000	Glaciation du Würm Arrivée de l'homme moderne Cro Magnon	- 8 à - 10°C par rapport aux températures actuelles	
- 10 000 à - 8 000	Fin de la glaciation du Würm	Températures actuelles	
- 8 000 à - 1800	Optimum postglaciaire	+ 2°C	
- 800 à - 300	Période hellénique	- 1 à 2°C	Hippocrate décrit <i>P. vivax</i> et <i>P. malariae</i> en Grèce
- 300 à + 500	Fin de la période gréco-romaine Grandes invasions	Températures actuelles	Arrivée de <i>P. falciparum</i> Péjoration du paludisme en Europe méridionale
1 000 à 1500	Moyen-Âge	Optimum médiéval	Paludisme dans tout le continent européen
1500 à 1700	Renaissance	Petit Âge Glaciaire (températures les plus basses de l'ère chrétienne)	Acmé du paludisme en Europe continentale
1700 à 1850	Début de l'aire industrielle	Recul des glaciers Températures en augmentation	Début de la régression du paludisme
1850 à 1950	Ere industrielle	Température stable, tendance augmentation	Régression du paludisme sauf dans les presqu'îles méditerranéennes
1950 à 1985	Période contemporaine	Même tendance	Éradication du paludisme en Europe
1985 à 2002	Période contemporaine	Même tendance	Pas d'effet des températures sur le paludisme, déjà éradiqué ; Les ré-émergences ne sont pas dues au climat

CHAPITRE 3
LES DÉTERMINANTS DU RISQUE PALUSTRE À
TORI-BOSSITO

Comprendre les déterminants sociaux du risque palustre, c'est identifier le "qui ?" compris dans le "où ?". Pour cela, un zoom de l'échelle du village à l'échelle individuelle est indispensable. Les enquêtes de terrain ont ainsi visé à observer plusieurs facteurs de risque ou au contraire des éléments protecteurs contre le risque. L'analyse a ensuite tenté de desserrer le zoom pour revenir à une échelle significative en termes de description d'une population et de ses modes d'habiter. Ce jeu d'échelles a guidé nos choix méthodologiques dans la réalisation de ces enquêtes de terrain. L'enjeu est de parvenir à expliquer l'hétérogénéité spatiale du paludisme à très fine échelle.

3.1 LES DÉTERMINANTS SOCIAUX : DES INDIVIDUS OU DES FAMILLES À RISQUE ?

Les déterminants de la vulnérabilité au paludisme sont liés aux déterminants de la santé en général, qui regroupent une diversité de caractéristiques (figure 39).

3.1.1 Les déterminants individuels de la vulnérabilité au paludisme

La vulnérabilité au paludisme dépend de l'ensemble des conditions qui permettent à la transmission de s'effectuer. Nous avons donc réalisé une enquête sur ce qui relève des caractéristiques des gîtes d'*Anopheles gambiae*, de leur préférences trophiques, et des déterminants de la capacité de la société de Tori à se protéger du risque. Une partie des variables utilisées provient du cahier d'observation rempli lors de l'inclusion des nouveau-nés dans l'étude¹, l'autre partie a été récoltée lors d'un travail d'enquête auprès des maisons des nouveau-nés.

¹ Questionnaire du cahier d'observation élaboré par Agnès le Port, doctorante en Épidémiologie à l'UMR 216 (voir Annexe III).

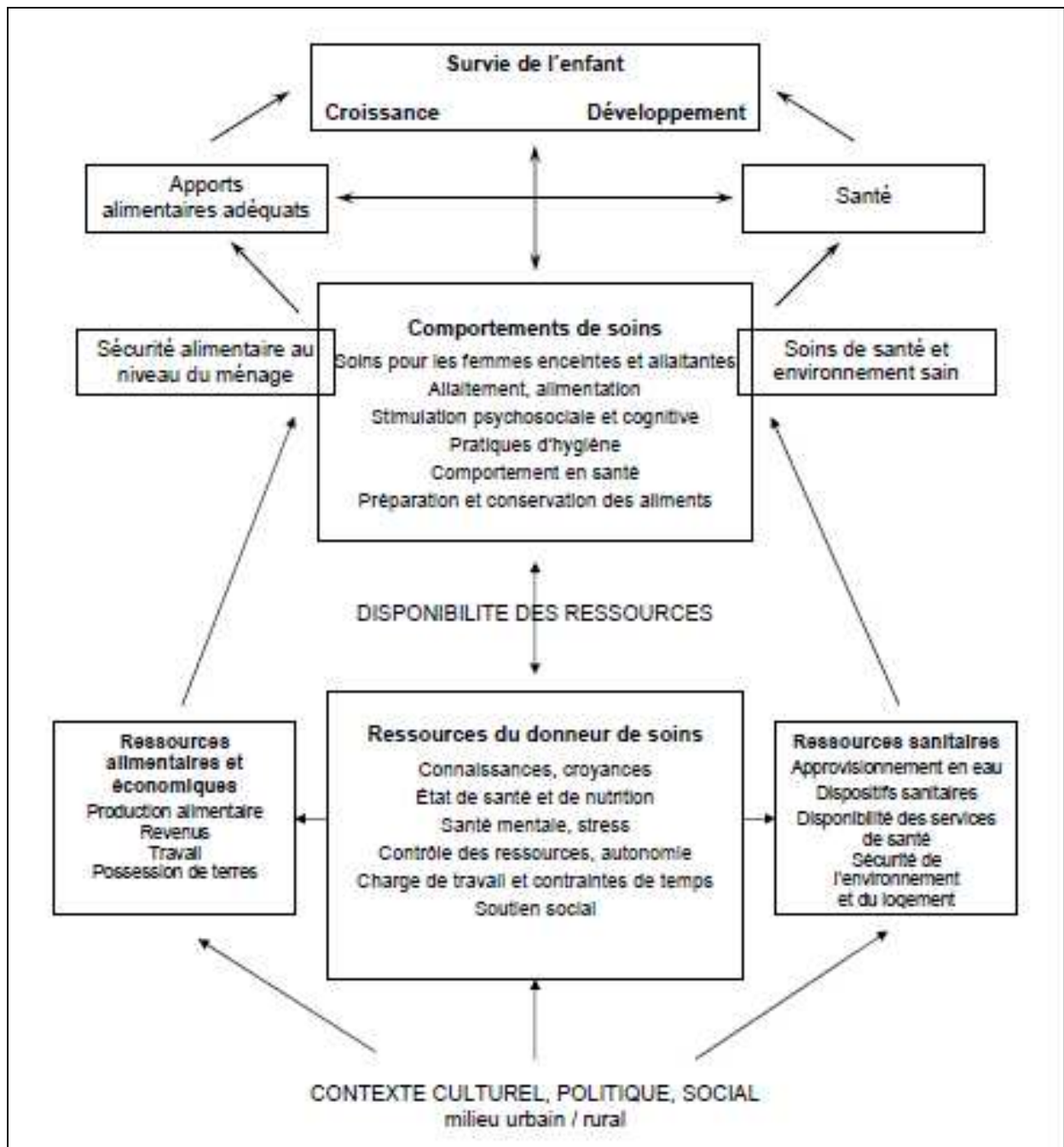


FIGURE 39 : LES DÉTERMINANTS DE LA SANTÉ ET DES SOINS (ENGLE ET AL 1997)

3.1.1.1 Micro-gîtes d'origine anthropique d'*Anopheles gambiae*

La proximité des gîtes est un facteur de risque de transmission (Staedke et al 2003), un périmètre restreint autour des maisons a donc été privilégié dans le travail d'enquête. Les gîtes à *Anopheles gambiae* se forment dans une eau claire et ensoleillée, et à proximité des populations humaines. De minuscules collections d'eau, « idéales » pour le développement

des larves, sont créées par l'homme. Des micro-gîtes prennent place dans des ustensiles creux abandonnés, des amas de tôles recevant la pluie et la conservant plusieurs jours, dans des fosses d'emprunt de terre pour la construction (murs souvent en terre cuite)... On a donc recensé, à un temps t, celui du jour de l'enquête dans chaque maison, la présence de ces objets dans un rayon d'une dizaine de mètres autour de la maison.

3.1.1.2 Préférences trophiques d'*Anopheles gambiae*

Le vecteur spécifique du *Plasmodium falciparum* au Bénin, *Anopheles gambiae*, a pour préférence trophique l'homme, sur lequel il prélève son repas de sang nécessaire à l'accomplissement de son cycle reproductif (au cours duquel le parasite *Plasmodium falciparum* effectue lui-même une phase essentielle de son développement). Toutefois, si le moustique croise en premier un troupeau de bétail, ou des animaux sauvages, il peut aussi bien prélever son repas de sang sur ces animaux. L'importance de l'épidémie de paludisme de 1921-1935 en URSS est liée à la disparition du bétail. Plusieurs essais (Roubaud 1935) ont tenté de tirer profit de l'attractivité du bétail pour les anophèles pour prôner la zooprophyllaxie, pratique qui consiste à interposer du bétail entre les gîtes larvaires et les habitations pour détourner les anophèles de leur cible humaine. Cette méthode a été surtout validée en Europe occidentale. Dans les villages africains, les tentatives ont été plus infructueuses. De toute façon, à Tori-Bossito, il y a peu d'éleveurs. Les hommes sont souvent cultivateurs, ou bien artisans, ou bien exercent un métier à la ville (Cotonou, Ouidah, Allada). La présence de bétail à proximité des maisons n'est donc pas un indicateur adapté.

Par ailleurs, *Anopheles gambiae* est une espèce endophile. Les moustiques piquent en très grande majorité à l'intérieur des maisons, et la nuit (pic entre minuit et 4 h du matin). La vulnérabilité des populations aux piqûres a donc sans doute un rapport avec le type d'habitat, les matériaux de construction utilisés, la qualité des maisons, le nombre d'ouvertures. D'après les connaissances entomologiques actuelles, les anophèles se reposent sur les parois de l'habitation dans laquelle ils viennent de se gorger de sang. Ils préféreraient les toits en paille aux toits en tôle, plus hospitaliers pour nicher quelques heures (Ye et al 2006). Le sol et les murs, en ciment ou en terre, peuvent aussi servir de reposoir. Enfin, le dégagement de fumée à l'intérieur d'une maison fait fuir les anophèles.

Les familles les plus aisées possèdent un abri dédié à la cuisine dans la cour de la concession. Les familles les plus pauvres font la cuisine à l'intérieur de la pièce d'habitation, sauf lorsqu'il ne pleut pas : le feu est alors fait en extérieur, sans abri (figure 40).

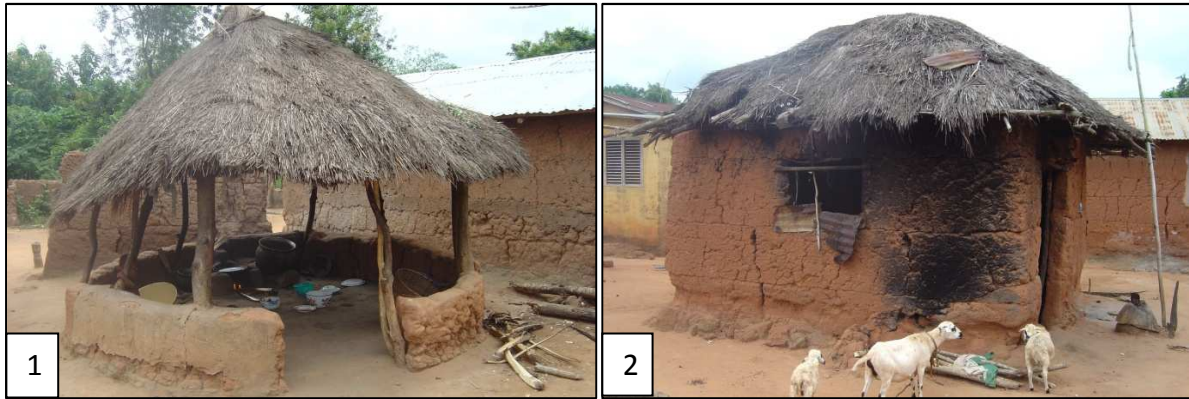


FIGURE 40 : LE COIN CUISINE : ABRI POUR LA CUISINE (1) OU MAISON AVEC FOYER À L'INTÉRIEUR (2)

Par ailleurs, la densité de l'habitat, et donc la densité de la population, module l'intensité de la transmission. Plus une zone est peuplée, plus les moustiques sont attirés et choisissent de se reproduire dans le voisinage. Mais les piqûres sont alors aussi plus diluées dans la population. A l'inverse, une habitation isolée située dans une zone très favorable aux anophèles soumettra ses quelques habitants à une forte pression vectorielle.

A Tori, les données sur la population se limitent à un nombre de population par village. Or, les villages étant très morcelés, ce chiffre n'est pas pertinent épidémiologiquement. On a préféré se rallier à une estimation visuelle du caractère isolé ou non de chaque maison. On a également construit une variable « superficie du bâti » par télédétection (indice de brillance calculé puis reclassement de l'image pour isoler le bâti, exporté ensuite en mode vecteur pour être affiné sur ArcGis). Chaque maison est affectée à une certaine aire bâtie, ce qui permet d'avoir une idée du caractère concentré ou non de l'aire dans laquelle se trouve une maison. Les villages sont en effet très morcelés en agglomérations (hameaux), mais au sein de celles-ci, les maisons sont en général proches les unes des autres (figure 41), comme on le voit très bien sur la photo aérienne disponible sur une partie de la commune.

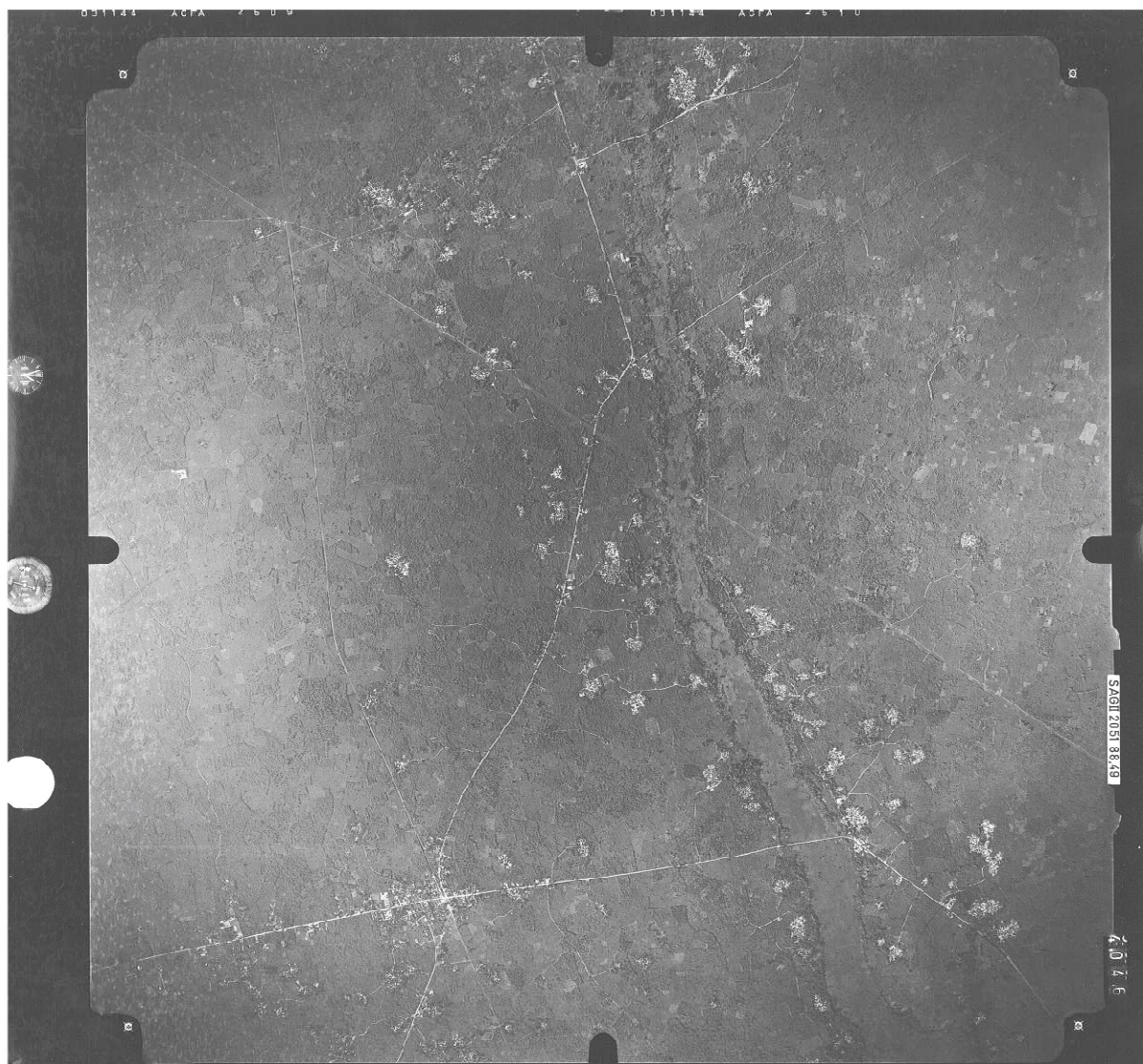


FIGURE 41 : LES ZONES DE BÂTI, ÉCLATÉES ET DENSES – Photo aérienne au 1/30 000e, mission IGN Bénin 1995

3.1.1.3 Prévention et habitudes de protection

Des modes de protection sont utilisés pour se protéger des vecteurs. La moustiquaire est le meilleur moyen de protection contre les piqûres, puisqu'elle est adaptée aux conditions de la transmission (la nuit, à l'intérieur des maisons). D'autres moyens de protection sont utilisés, selon le niveau de ressources des ménages. Les insecticides, des serpentins que l'on fait brûler, sont vendus dans les villages, à un coût moyen. Tout le monde n'en achète pas, les plus modestes n'en ont pas les moyens, et les habitudes familiales interviennent aussi. On a donc demandé systématiquement, via les questionnaires, si le foyer comportait une

moustiquaire, et si elle avait été utilisée la nuit d'avant notre passage (c'est un type de question fréquemment utilisée par les anthropologues pour évaluer une pratique : on estime qu'en posant la question sur un moment précis et proche dans le temps – pour que l'individu s'en souvienne –, on a une estimation de la pratique en général pour cet individu). La question de l'enjeu économique des moustiquaires a été souvent discutée (MacCormack et al 1989) et l'effet incitatif d'un coût d'achat très faible mais non nul est bien connu. L'enquête de MacCormack en Gambie a aussi cherché à identifier les « ressentis » sur la moustiquaire (tableaux 5 et 6), et les priorités en termes de dépenses des foyers (tableau 7).

Les enquêtes auprès des foyers de Tori-Bossito ont montré que la moustiquaire était peu utilisée lors des périodes de fortes chaleurs, car elle empêche l'air de circuler, soit en saison des pluies, période où l'aléa moustique est le plus important. Ces habitudes accroissent donc la vulnérabilité des habitants. Les moustiquaires sont aussi régulièrement nettoyées. Cela a deux conséquences : d'une part, elles perdent leur imprégnation par insecticide et ne sont que rarement remplacées par des nouvelles MII (Moustiquaires Imprégnées d'Insecticide) ou ré-imprégnées, d'autre part, le lavage et le séchage occasionnent régulièrement 2 ou 3 jours sans protection, ce qui contribue à maintenir le cycle épidémiologique et le réservoir de parasites.

TABLEAU 5 : LES ASPECTS POSITIFS RESENTIS DE L'UTILISATION DE LA MOUSTIQUAIRE EN GAMBIE – (Mac Cormack et al. 1989)

RÉPONSES	VILLAGES AVEC MOUSTIQUAIRE (N = 83)		VILLAGES SANS MOUSTIQUAIRE (N=87)	
	NOMBRE DE RÉPONSES	%	NOMBRE DE RÉPONSES	%
Protège des insectes (100% des répondants)	83	51	85	45
Barrière contre la poussière et ce qui tombe du toit	32	20	28	15
Protège du froid à l'aube	26	16	12	6
Protège des lézards, serpents...	11	7	27	14
Côté esthétique	9	5	23	12
Donne de l'intimité	2	1	15	8
Je me sens en sécurité	1	1	0	0
Aucune de ces réponses ne convient	0	0	1	1

TABLEAU 6 : LES ASPECTS NÉGATIFS RESENTIS DE L'UTILISATION DE LA MOUSTIQUAIRE EN GAMBIE -
 (MacCormack et al. 1989)

RÉPONSES	VILLAGES AVEC MOUSTIQUAIRE (N = 83)		VILLAGES SANS MOUSTIQUAIRE (N = 87)	
	NOMBRE DE RÉPONSES	%	NOMBRE DE RÉPONSES	%
Pas de côtés négatifs (77% des réponses)	64	75	52	57
Pas assez large pour le lit	10	12	15	16
Rabats pas assez grands	7	8	2	2
Se déchire facilement	3	4	3	3
Pas assez haute (pas assez de tombant)	1	1	1	1
Se salit (travail supplémentaire de lessive)	0	0	12	13
Trop chaude pendant la saison sèche	0	0	5	6
Pas intéressé	0	0	1	1
TOTAL	85	100	91	99

TABLEAU 7 : PRÉFÉRENCES DE DÉPENSES DES FOYERS - (Enquête de Mac Cormack en Gambie, op. cit)

DÉPENSES	PRÉFÉRENCE (%)			GROUPE D'ÂGE (%)			SEXE (%)	
	1 ^{ER} CHOIX	2 ^E CHOIX	3 ^E CHOIX	10-19 ANS	20-39 ANS	> 40 ANS	FÉMININ	MASCULIN
Vêtements et objets décoratifs	48	26	21	44	33	22	37	25
Mobilier	19	22	21	22	23	17	28	8
Animaux	10	15	17	10	14	21	10	23
Nourriture	4	2	12	2	7	7	3	10
Ustensiles de cuisine	1	8	6	5	7	3	8	1
Travaux d'amélioration de la maison	7	5	4	1	5	9	3	10
Outillage agricole	2	3	1	1	2	2	0	4
Cérémonies et hospitalité	2	2	2	0	2	4	1	4
Économies, école et dépenses de santé	2	4	7	5	4	4	6	2
Dons	1	4	3	4	2	2	2	4
Commerce et affaires	1	2	0	0	1	2	0	3
Taxes et débits	4	1	1	0	0	6	0	5
Pas d'autre choix	0	1	5	5	1	2	2	2

De plus, les ethnies utilisent différemment la moustiquaire. A Tori, dans le village de Gbetaga au nord, où l’ethnie Fon est majoritaire, on note *a priori* une plus faible possession ou utilisation de la moustiquaire. Il semble donc que des paramètres culturels soient à prendre en compte pour la compréhension de la vulnérabilité. Enfin, notons que l’environnement dans lequel vivent les individus et la perception des nuisances peut expliquer des traditions en matière de protection. En effet, dans les villages lacustres de Ganvié (au nord de Porto-Novo), l’emploi de la moustiquaire est traditionnel et généralisé. Pour ces populations, les insectes en tout genre sont une nuisance depuis toujours. Ils ont appris à s’en protéger, sans forcément être conscients du lien avec le paludisme (Akogbeto et al 1992b).

A cet aspect ethnique, s’ajoute « l’élévation » sociale. Elle se traduit par la possession d’objets usuels en plus grand nombre : vélo, lampes torches ou à pétrole, moto, grenier, groupe électrogène, radio... De même, le niveau de vie a un impact sur la santé au travers des pratiques de soin (tableaux 8 et 9). En particulier, il interfère via la nutrition (Martin-Prevel 2002)¹.

Ces connaissances théoriques (Konradsen et al 2003) ont permis de choisir un ensemble de variables pour les questionnaires (tableau 10).

TABLEAU 8 : DÉTERMINANTS DES PRATIQUES DE SOIN - (Martin-Prével 2002)

CATÉGORIES	SOUS-CATÉGORIES	PRATIQUES DE SOINS
Soins en direction des femmes	<i>Soins pendant la grossesse et l’allaitement</i>	Augmentation des apports alimentaires
		Réduction de la charge de travail
		Utilisation des services de soins prénataux et d’accouchement
		Repos post-partum
	<i>Santé de la reproduction</i>	Retard de l’âge à la première grossesse
		Espacement des naissances
	<i>État de santé et de nutrition</i>	Fourniture d’une juste part alimentaire à tous les âges
		Protection contre les mauvais traitements physiques
	<i>Santé mentale</i>	Réduction du stress
		Renforcement de la confiance en soi
		Protection contre les mauvais traitements psychoaffectifs

¹ Épidémiologiste, Chargé de Recherches, UR 106.

	<i>Autonomie au sein de la famille</i>	Pouvoir de décision suffisant Accès à la gestion des revenus et des biens familiaux
	<i>Temps et charge de travail</i>	Partage des tâches (ménagères et de production économique)
	<i>Éducation</i>	Scolarisation des filles Accès des femmes à l'information
Allaitement et pratiques d'alimentation du jeune enfant	<i>Allaitement exclusif</i>	Allaitement exclusif pendant environ 6 mois
		Mise au sein au cours de la première heure de vie
		Allaitement à la demande
		Développement des techniques d'expression du lait
		Protection contre les pressions commerciales en faveur de l'allaitement artificiel
	<i>Alimentation de complément et allaitement poursuivi</i>	Introduction de l'alimentation de complément en temps opportun
Poursuite de l'allaitement pendant la deuxième année de vie		
Qualité des aliments de complément (densité énergétique, composition en nutriments) et quantités suffisantes		
<i>Pratiques actives d'alimentation</i>	Nombre suffisant de prises alimentaires	
	Adaptation des pratiques d'alimentation aux capacités psychomotrices de l'enfant	
	Stimulation et encouragements pendant les repas	
<i>Adaptation au régime familial</i>	Circonstances de repas favorables (régularité en temps et lieu, limitation des distractions)	
	Répartition intra-familiale des aliments protégeant l'enfant	
	Réponse appropriée en cas de petit appétit de l'enfant	
Soins psychosociaux	<i>Réactivité aux étapes et signes du développement</i>	Adaptation du comportement au niveau de développement de l'enfant
		Attention aux enfants hypoactifs ou de développement lent
	<i>Attention, affection et implication</i>	Fréquentes interactions avec l'enfant (physiques, visuelles, verbales, affectives)
		Maintien des pratiques traditionnelles positives (massages par exemple)
	<i>Autonomie, exploration, apprentissage</i>	Encouragements à jouer, explorer ou parler
		Adoption d'un rôle de guide/éducateur
	<i>Prévention/protection contre les violences et mauvais traitements</i>	
Préparation des repas	<i>Modes de préparation et de cuisson des repas</i>	Adoption de technologies épargnant temps et/ou combustible
		Procédés de germination ou fermentation protégeant l'aliment
	<i>Stockage des aliments</i>	Modes de stockage évitant contaminations et pertes
	<i>Hygiène alimentaire</i>	Réduction du délai entre préparation et consommation
		Stockage adéquat des ustensiles
Pratiques d'hygiène	<i>Hygiène individuelle</i>	Lavage des mains
		Propreté de l'enfant (bains etc.)
	<i>Hygiène de la maison</i>	Propreté de la maison, notamment de l'aire de jeux de l'enfant

		Élimination des déjections de l'enfant
		Utilisation de dispositifs sanitaires (par toute la famille)
		Eau propre à disposition
Pratiques de santé au niveau du ménage	<i>Gestion familiale des maladies</i>	Prévention des maladies
		Diagnostic/reconnaissance des maladies
		Traitement à domicile
	<i>Utilisation des services de santé</i>	Utilisation des services de prévention et promotion de la santé
		Recours aux services de soins curatifs en temps utile
	<i>Protection domestique</i>	Contrôle des nuisibles (moustiquaires, souricières...)
		Prévention des accidents (brûlures, chutes...)
		Prévention des violences et mauvais traitements

TABLEAU 9 : RESSOURCES AYANT UN IMPACT SUR LES PRATIQUES DE SANTÉ - (Engle et al 1997)

Ressources humaines	Connaissances, croyances, éducation
	État de santé et de nutrition
	Santé mentale, stress, confiance en soi
	Rôle des pères
Ressources économiques	Accès à la gestion des revenus et des biens familiaux
	Charge de travail et temps disponible
Ressources organisationnelles	Alternatives de garde et soins pour les enfants
	Engagement de la communauté

TABLEAU 10 : VARIABLES DU QUESTIONNAIRE CONDUIT AUPRÈS DE LA COHORTE

ÉCHELLE

MAISON / INDIVIDUS (PARENTS)	100 M AUTOUR DE LA MAISON
Nature du toit	Présence de zones de travaux
Nature des sols	Présence de champs cultivés
Nature des murs	Présence de zones de travaux
Nombre d'ouvertures (portes et fenêtres)	Présence d'ustensiles creux abandonnés
Nombre de personnes dormant dans le foyer	Présence d'un cours d'eau
Possession d'une moustiquaire	Cours d'eau fréquenté ou non – activités liées à l'eau
Utilisation de la moustiquaire la nuit précédente	Présence d'animaux
Douche : en dehors / dans la concession	
Nature de la douche : toit ou non	
Évacuation de l'eau et des ordures : hors ou dans la concession ou la cour	
Présence d'animaux (partie réservée / partout sauf chambre / partout même chambre)	
Niveau de scolarisation des mères et des pères	
Activité	
Possession d'objets courants (lampes torches, vélo, moto, grenier, groupe électrogène, radio...)	

3.1.1.4 Méthodologie de l'enquête

Pour traiter de l'échelle fine de la maison et de ses proches alentours, on a construit des questionnaires et recruté une équipe de huit enquêteurs étudiants béninois en géographie (à l'Université Abomey-Calavi). Chacune des 600 maisons des nouveau-nés suivis dans l'étude et des 41 maisons de captures ont été soumises à ces « questions ».

Rappelons que les nouveau-nés inclus dans l'étude l'ont été par le hasard des naissances dans la zone d'étude, leur adéquation avec les conditions requises pour faire partie de la cohorte et le consentement à rentrer dans l'étude. L'une des conditions est de résider dans un des neuf villages de Tori-Bossito et de ne pas prévoir de déménager dans les deux ans. Et de s'engager à accoucher dans l'une des trois maternités de la zone : Cada, Avame ou Gare (cf. figure 6, chapitre 1, p. 29). Le recrutement s'est arrêté lorsque la cohorte a atteint 600 nouveau-nés. La localisation des maisons des nouveau-nés est donc aléatoire.

La collecte des informations débute avec l'observation des caractéristiques des maisons et de ses proches alentours. Pour essayer de garantir au maximum la cohérence des observations entre les différents enquêteurs, une discussion sur chaque variable a précédé le travail. Certaines variables appellent en effet une interprétation. Par exemple, pour l'analyse de la présence d'ustensiles creux à proximité des maisons, il fallait bien identifier les jarres exposées à la pluie dans le but de récolter l'eau, pour un usage ultérieur. Dans ce cas, cet ustensile n'est pas une potentialité de gîte, car l'eau ne restera pas immobile pendant une dizaine de jours. Par contre, des ustensiles abandonnés, visiblement inutilisés et laissés dans un coin, ont été classés comme « présence d'ustensiles », puisque l'eau de pluie récoltée y reste sans qu'on y touche, et peuvent ainsi accueillir des larves d'anophèles qui vont s'y développer. On a donc fait attention à toujours garder à l'esprit la signification épidémiologique de chaque variable. Pour une dizaine de maisons, un double remplissage du questionnaire avec plusieurs enquêteurs différents a permis de s'assurer de la cohérence des observations.

Les questionnaires ont été remplis à la main sur le terrain, et ensuite saisis par des agents de saisie de l'IRD à Cotonou, avec validation par double saisie. Ils ont ensuite été traités avec le module Xlstat d'Excel afin d'obtenir les statistiques descriptives principales. La deuxième

étape, le traitement spatial de ces données, s'est faite en les intégrant dans un SIG, ce que nous verrons en détail plus loin.

Mais des biais inévitables à toutes les enquêtes de terrain peuvent être soulignés. Ils ont été constamment discutés par les membres de l'équipe sur le terrain afin de minimiser leurs effets. Certaines parties du questionnaire ont nécessité de poser des questions aux membres du foyer rencontrés, souvent la mère, ou les frères et sœurs du nouveau-né. Le problème majeur a été les non-dits ou les non-vouloir-dire, liés aux caractéristiques culturelles de la société (mobilité, polygamie, etc.) Par exemple, il n'a pas toujours été possible de vérifier visuellement la possession de la moustiquaire, car parfois les familles se sont senties « surveillées » et obligées de dire qu'elles en possèdent, d'autant que le Programme National de Lutte contre le Paludisme du Bénin a récemment fait des campagnes de distribution de moustiquaires gratuites. Pour le nombre de personnes dormant dans la chambre, les chiffres ont varié d'un enquêteur à l'autre pour la même maison. En effet, 1/3 de la population est polygame. Le nombre de personnes varie donc avec la présence ou non du mari dans la chambre. Il serait aussi intéressant d'étudier spécifiquement le refus de la part de certaines mères de participer à de telles études qui permettent aux familles d'avoir un suivi médical rigoureux et un recours aux soins gratuits pour le nouveau-né suivi et la fratrie. Les raisons du refus de participer à une telle étude, les causes des « perdus de vue » en cours de programme sont souvent liées à des aspects culturels et se rapportent aux représentations du paludisme.

En effet, l'échec ou la faible efficacité des mesures de prévention auprès des populations tient sans doute au fait que les sociétés africaines, ou du moins certaines ethnies, ont une représentation de la maladie et surtout de ses modes de transmission erronée. Les discussions sur le terrain en marge de la conduite du questionnaire ont montré que les mères (les principales personnes interrogées) n'étaient pas toujours averties que ce sont les moustiques qui transmettent le paludisme. Les fortes chaleurs sont parfois invoquées comme la cause de la survenue de la fièvre palustre. La méconnaissance des mécanismes de l'épidémie entraîne des problèmes de santé publique. En effet, une fièvre, principal et premier symptôme de l'infection palustre, n'est pas forcément due au paludisme. Ce facteur explique en partie la faible efficacité des traitements. D'une part, les familles arrivant avec un enfant fiévreux attendent qu'on leur prescrive un anti-paludéen, dont l'administration se

fait très souvent à tort faute de diagnostic effectué qui pourrait ou non confirmer l'infection palustre. Cette généralisation de la prescription des anti-paludéens explique en partie l'accélération du développement de résistances du parasite aux traitements. D'autre part, la méconnaissance du cycle de développement du parasite dans l'organisme, ou en tout cas la mauvaise communication lors de la consultation, amène souvent le patient à arrêter son traitement au bout de deux ou trois jours. Se sentant mieux, il estime être guéri, alors qu'il est nécessaire de suivre le traitement jusqu'au bout pour que tous les parasites, aux différents stades, soient éliminés de l'organisme. Et qu'ainsi lors d'une prochaine piqûre, il ne réinfecte pas un nouvel anophèle.

La croyance au rôle de la chaleur dans le déclenchement de l'infection palustre implique que l'utilité de la moustiquaire soit considérée comme secondaire, peu efficace, et donc qu'elle soit irrégulièrement utilisée. Ainsi, souvent, les habitants de Tori-Bossito avouent ne pas la mettre lors des périodes de fortes chaleurs, celles qui correspondent au début de la saison des pluies, et donc à l'arrivée d'une recrudescence de vecteurs. L'effet saisonnier est donc aussi marqué dans les habitudes. Les pratiques créent donc de la vulnérabilité au moment ou l'aléa « présence de moustiques vecteurs » est le plus fort.

Les stimuli évolutifs viennent maintenant plus de l'environnement que les sociétés ont construit que des éléments naturels, et les hôtes humains sont toujours choisis pour leur résistance à l'agent et pour le fait qu'ils développent des caractéristiques culturelles performantes pour le maintien de l'épidémie (Dubos 1968).

3.1.2 Les principales caractéristiques de la population de Tori-Bossito

Les questionnaires ont été analysés à l'aide d'outils statistiques de base (XlStat) afin de mettre en évidence les différences entre les caractéristiques des maisons de capture et celle des enfants (tableaux 11 et 12), et donc les tendances en matière de caractéristiques de l'habitat et d'habitudes de protection comme d'autres enquêtes sur le paludisme en Afrique l'ont montré (Ye et al 2006).

TABLEAU 11 : DONNÉES STATISTIQUES SUR LES MAISONS DE CAPTURE ET CELLES DES NOUVEAU-NÉS

	NB DE PERSONNES		NB D'OUVERTURES		INDICE DE FRAGMENTATION	
	MAISONS DE CAPTURE	MAISONS DES ENFANTS	MAISONS DE CAPTURE	MAISONS DES ENFANTS	MAISONS DE CAPTURE	MAISONS DES ENFANTS
Moyenne	4,122	4,455	2,5611	2,210	47,976	57,781
Max	8	11	5	9	71	100
Min	1	2	1	1	26	23

TABLEAU 12 : DONNÉES STATISTIQUES SUR LES MAISONS DE CAPTURE ET CELLES DES NOUVEAU-NÉS (SUITE)

	POURCENTAGES	
	MAISONS DE CAPTURE	MAISONS DES ENFANTS
Possession moustiquaire	34,146	86
Utilisation répulsif	41,463	16,182
Feu intérieur	7,317	24,909
Feu extérieur	90,244	75,636
Zone de travaux	7,317	10,460
Cours d'eau	12,195	18,794
Toit en tôle	87,805	63,830
Toit en paille	12,195	36,170
Champs cultivés		6,915

A Tori-Bossito, quand une famille s'accroît, des pièces sont ajoutées dans la maison. Le nombre de personnes recensées et le nombre d'ouvertures augmentent donc de pair. Les maisons de capture sont en moyenne de taille un peu inférieure à celles des enfants de la cohorte. Les entomologistes ont en effet préféré les maisons avec peu d'habitants pour réaliser leurs captures, parce que le captureur doit être seul dans sa pièce. Certes, souvent les membres d'un foyer dorment dans la même chambre, mais lorsqu'ils sont nombreux, ils peuvent se partager dans les différentes pièces de la maison. De plus, le nombre de personnes dormant dans la chambre peut varier, car il dépend de la présence ou non du mari dans les foyers polygames, et également de l'activité du père, qui peut travailler dans une ville proche (Cotonou, Ouidah, Allada) pendant la semaine ou aux champs pendant la période des labours ou des récoltes.

Les affirmations recueillies sur la possession de moustiquaires semblent beaucoup plus crédibles pour les maisons de capture. 34 % déclarent en avoir une, contre 86 % pour les maisons des enfants. Les chiffres des maisons de capture ont dans la plupart des cas été confirmés ou recherchés visuellement, ce qui accroît la crédibilité de ce chiffre. On n'a pas toujours pu vérifier visuellement l'information auprès des maisons des nouveau-nés.

16 % des foyers des enfants déclarent utiliser des répulsifs ; ceux-ci ne sont en effet pas à la portée de tous et on n'en trouve pas partout, même s'ils font partie de la panoplie des vendeurs des routes.

La pratique du feu pour la cuisine à l'extérieur est la plus répandue. On n'utilise l'intérieur qu'en cas de pluie, et si le ménage ne dispose pas d'un abri à cet effet.

Les toits en tôle sont les plus répandus, mais représentés en plus grande proportion dans les maisons des capture que dans celles des enfants. Cela peut s'expliquer par le fait que le choix des maisons de capture s'est fait par la connaissance des chefs ou des gens influant du village, la possibilité de construire un toit en tôle marquant un niveau de vie plus élevé.

Les caractéristiques socio-économiques de la population de Tori (tableau 13) peuvent se résumer par trois traits principaux. Premièrement, c'est une population rurale, exerçant le métier de cultivateur mais aussi beaucoup d'activités de services pour les femmes. En effet, celles-ci pratiquent les activités principales de ménagères (54.6 %), cultivatrices (17.6 %), revendeuses (14.8 %), alors que le métier de cultivateur arrive en première place pour les hommes (62.4 %), suivi des métiers artisanaux (maçon, tailleur, menuisier, peintre...). Deuxièmement, c'est une population avec un niveau d'éducation très faible, hommes et femmes confondus, qui ne comprend pour la plupart même pas le primaire partiel. Il y a quatre fois plus d'hommes que de femmes qui ont suivi un enseignement secondaire (ou plus), même s'ils ne sont que 4 % dans ce cas. La monogamie est le statut marital le plus répandu, mais on compte tout de même plus de 28 % de foyers polygames déclarés. Enfin, ce niveau faible d'éducation va de pair avec des revenus faibles et un habitat précaire, à proximité des animaux domestiques (poules et chèvres principalement) et avec des systèmes d'évacuation des ordures et de l'eau également très précaire.

TABLEAU 13 : DONNÉES SOCIO-ÉCONOMIQUES DE LA COHORTE

DONNÉES	%	DONNÉES	%
Murs		Douche	
Ciment	7,1	Propre au ménage	59,0
Ciment sur terre battue	16,4	Partagée	39,5
Terre battue	74,9	Niveau de scolarisation des femmes	
Sol		Absence	84,6
Ciment	38,7	Primaire	10,4
Ciment sur terre battue	56,1	Primaire complet	3,1
Évacuation de l'eau		Secondaire et +	1,6
Hors concession	40,3	Niveau de scolarisation des hommes	
Dans concession	45,7	Absence	66,2
Dans cour	13,0	Primaire	20,4
Évacuation des ordures		Primaire complet	9,2
Hors concession	85,2	Secondaire et +	4,8
Dans concession	13,4	Statut marital	
Dans cour	0,8	Monogames	71,2
Animaux		Polygames	8,3
Hors cour	5,4	Activité des femmes	
Partie réservée	7,4	Ménagère	54,6
Partout sauf chambre	69,3	Cultivatrice	17,6
Partout même chambre	8,9	Revendeuse	14,8
Pas d'animaux	3,0	Coiffeuse	2,1
Possessions diverses		Couturière	3,1
Lampe torche	73,5	Jardinière	0,2
Vélo	72,8	Activité des hommes	
Lampe à pétrole	96,6	Cultivateur	62,4
Véломoteur	45,2	Artisan	7,3
Voiture	0,5	Mécanicien	1,8
Radio	71,7	Éleveur	0,9
Groupe électrogène	8,3	Chauffeur	3,6
Moulin	2,8	Jardinier	1,5
Grenier	46,9	Autre (maçon, tailleur, menuisier, peintre, ...)	22,5

Le matériau de construction le plus répandu est la terre battue, constituée d'argile extraite sur place, que ce soit pour les murs (74.9 %) ou les sols (56.1 %). L'évacuation de l'eau se fait dans ou en dehors de la concession (45.7 % et 40.3 %), et majoritairement hors de la concession pour les ordures (85.2 %). Les animaux de basse-cour (poule et chèvres principalement) sont fréquemment (63 %) présents dans les parties habitables, sauf dans les

chambres qui en sont généralement préservées. Le moyen de locomotion le plus utilisé est le vélo (72 %), puis le vélomoteur qui n'est possédé que par moins de la moitié des individus, et enfin la voiture (0.5 %).

Cette analyse descriptive a été menée afin de tirer les grands traits caractéristiques de cette population. Pour compléter la description des lieux de vie, une typologie de l'habitat a été réalisée. Elle s'appuie sur des photos qui mettent en évidence les éléments variables dans les matériaux de construction (figure 42 A) et dans les abords des maisons (figure 42 B).



Fig. 42 A (titre p. 102)

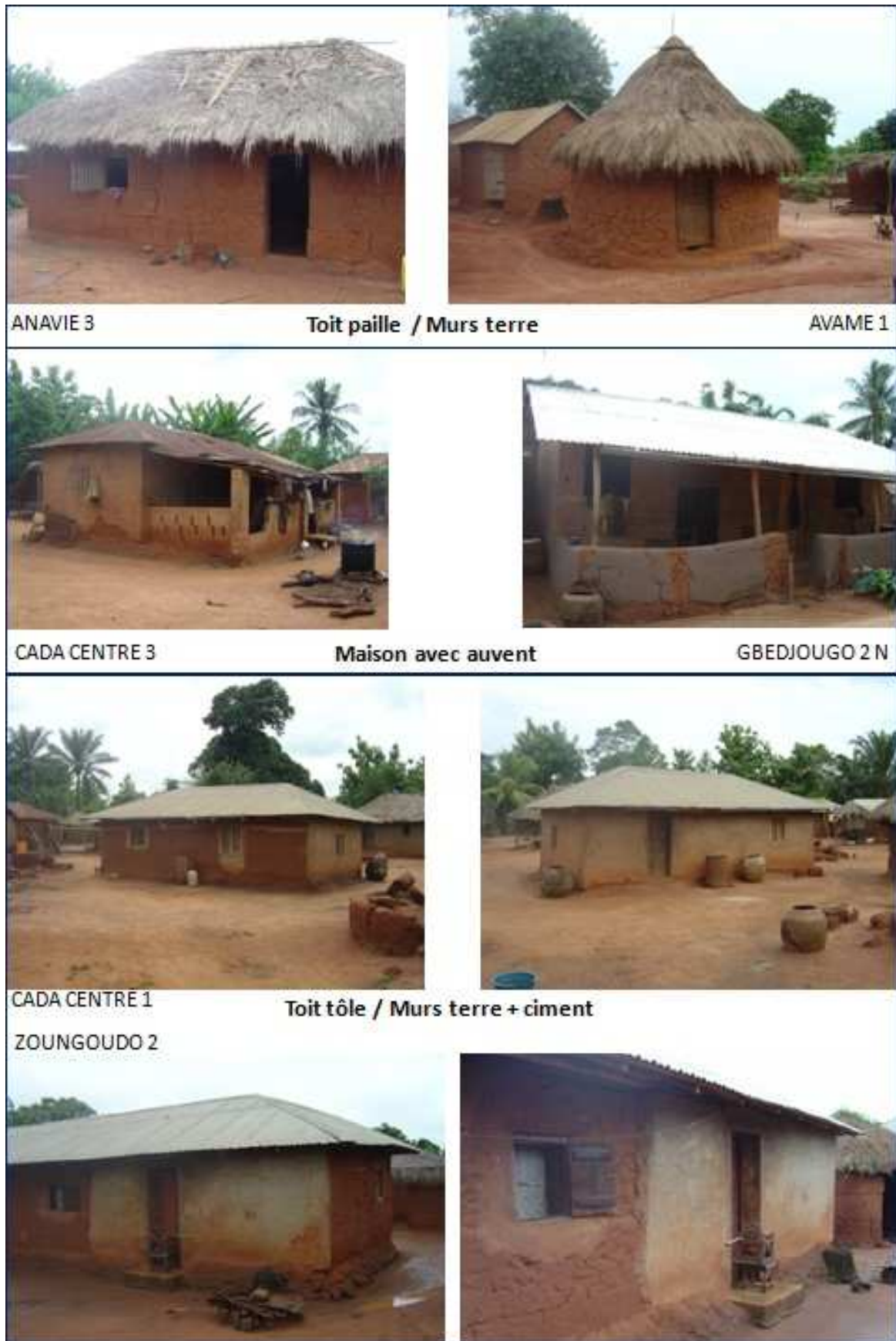


FIGURE 42 A : DIVERSITÉ DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION - © C. Pierrat, 2009



Fig. 42 B (titre page 104)



FIGURE 42 B : DIVERSITÉ DES ABORDS DES MAISONS - © C. Pierrat, 2009

Au-delà de ces caractéristiques propres à l'habitat, l'organisation sociale conditionne les densités et les modes d'habiter.

3.1.3 L'organisation territoriale et le risque de transmission : des liens complexes et encore mal connus

Les densités humaines sont essentielles dans la dynamique épidémique. À Tori-Bossito, l'habitat est extrêmement morcelé. Les villages sont découpés en nombreuses agglomérations de maisons, parfois très petites. Or, la densité joue sur la transmission. Plus une zone est densément peuplée, plus les piqûres d'un stock donné de vecteurs sont diluées. L'agressivité anophélienne (nombre de piqûres / homme / unité de temps) est donc théoriquement moindre. Mais dans le même temps, ce sont les zones les plus peuplées qui attirent le plus de moustiques. Une maison isolée sera donc soumise à deux processus

contradictaires encore mal connus : une moindre attirance présumée des anophèles mais une concentration des piqûres sur un nombre restreint d'individus.

La disposition des habitations entre elles aurait aussi un rôle (Dubos 1980). Selon la théorie des « maisons-écran », des maisons implantées linéairement en bordure d'un village capteraient les vagues de vecteurs et protégeraient l'intérieur des villages des piqûres. À Tori, les agglomérations sont trop petites pour qu'un tel phénomène puisse se produire et surtout, la disposition des maisons est circulaire.

Les individus ne sont pas en permanence sur un même lieu. Les hommes de la commune de Tori ont de multiples raisons de se déplacer. Nombreux sont ceux qui travaillent dans une ville voisine, souvent comme chauffeur (conducteurs de *zimidjian*, les motos-taxi). Les paysans sont la deuxième population susceptible de se déplacer, les différentes parcelles d'un même foyer pouvant être très éloignées (cause du système des héritages). Enfin, la polygamie entraîne le déplacement des maris d'une maison à l'autre, mais souvent au sein de la même agglomération. Plusieurs bâtiments appartiennent à une même famille, ce qui impose une organisation des villages en concessions.

Cette analyse descriptive permet d'inscrire l'enjeu de la vulnérabilité de la population dans un contexte social, économique, culturel. Pour comprendre la variabilité spatiale du risque, il faut maintenant chercher à l'aide des outils d'analyse spatiale fournis par le SIG comment ces caractéristiques se répartissent et si elles forment des territoires bien définis. C'est en effet à l'échelle du territoire que doit se comprendre et se définir le risque afin de permettre la mise en place de politiques de prévention, d'éducation à la santé et de programmes sanitaires. L'analyse spatiale a pour enjeu de définir l'échelle pertinente des territoires pour l'action antipaludique.

Les autres facteurs individuels pouvant avoir un rôle sur la variabilité individuelle de la susceptibilité au paludisme sont du domaine de la génétique, de la nutrition, et font l'objet d'études parallèles dont le géographe n'est pas le spécialiste. Elles ont donc dans le programme été confiées à des chercheurs d'autres disciplines.

3.2 LES DÉTERMINANTS SPATIAUX DU PALUDISME : DES TERRITOIRES À RISQUE ?

L'enjeu de la conduite d'une analyse spatiale est de comprendre un territoire, dans ses distributions spatiales, ses dynamiques, les relations qu'entretiennent entre eux des phénomènes spatialisés. Pour le cycle épidémiologique du paludisme, dans un lieu donné, milieu et société sont combinés, pour aboutir à la caractérisation de territoires du risque. Les questions qui ont donc guidé notre analyse ont été les suivantes : y a-t-il une logique spatiale de la transmission ? Que nous apporte la spatialisation des données dans cette problématique des déterminants environnementaux du paludisme ? L'analyse spatiale a été réalisée à l'aide de l'outil SIG. Un SIG est, selon la Société française de photogrammétrie et télédétection qui l'a défini en 1989, « un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace ».

3.2.1 Le SIG comme outil d'analyse : méthode et données

Les données utilisées pour le diagnostic environnemental sont de différents types : données raster, vecteur, données surfaciques, ponctuelles, données qualitatives, quantitatives... qui ont nécessité des traitements pour être intégrées dans le SIG.

Un SIG est composé de données variées multi-échelles (figure 43). La nature des données est liée au terrain et au mode de récolte. À Tori-Bossito, elles proviennent de plusieurs sources (tableau 14). Les données sur l'occupation du sol, de nature quantitative et surfacique, proviennent du traitement d'une image satellite SPOT 5 par des analyses de télédétection et de ressources cartographiques. Les données qualitatives sur l'habitat et les variables socio-économiques ont été obtenues par la conduite de questionnaires et d'observations sur le terrain.



FIGURE 43 : LES COMPOSANTES D'UN SIG (d'après Duraffour, F., communication personnelle)

TABLEAU 14 : LES CARACTÉRISTIQUES DES DONNÉES DU SIG SUR TORI-BOSSITO

THÈME (COUCHE)	SOURCE	TRAITEMENT	FICHER FINAL	TYPE DE DONNÉES	DE DONNÉES ATTRIBUTAIRES
COHORTE					
ENFANTS	- Relevés GPS - Questionnaires - Suivi médical	CARTALINX - Création des points (topologie) - Export vers ArcGis en fichier shape EPIDATA (AGENTS DE SAISIE) - Saisie des questionnaires et des données biologiques	« enfants.shp »	Ponctuelles Qualitatives Quantitatives N = 596	- ID - Lat/long - Village - Agglomération - Nature toit/murs/sols - Caractéristiques douche - Présence d'ustensiles - de zones de travaux - de cours d'eau - Maison isolée ?

		<p>EXCEL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Création fichier base de données « Enfants » <p>ARCGIS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intégration dans le SIG avec une jointure spatiale 			<ul style="list-style-type: none"> - TDR / mois - Nombre de dormants - Nombre d'ouvertures - Evacuation eau et ordures - Animaux - Distance dispensaire
PARENTS	- Questionnaires	<p>EXCEL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dichotomie de la base « enfants » pour isoler les variables « parents » <p>ARCGIS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Création du fichier shape « parents » avec les mêmes coordonnées que les enfants 	« parents.shp »	Ponctuelles Qualitatives N = 596	<ul style="list-style-type: none"> - Ethnie - Dosage d'anticorps (mères) - Possession de moustiquaire - Utilisation de répulsifs - Feu intérieur/extérieur - Scolarité femme - Scolarité mari - Activité femme - Activité mari - Statut marital

THÈME (COUCHE)	SOURCE	TRAITEMENT	FICHER FINAL	TYPE DE DONNÉES	DE DONNÉES ATTRIBUTAIRES
ENTOMOLOGIE					
CAPTURES	Relevés GPS Questionnaires 19 Missions de capture (Equipe UR16)	<p>CARTALINX</p> <ul style="list-style-type: none"> - Création de la topologie des points - Export en fichier shape vers ArcGis <p>EPIDATA (AGENTS DE SAISIE)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Saisie des questionnaires - Saisie des données des missions de captures <p>EXCEL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Création du fichier base de données « captures » <p>IDRISI KILIMANDJARO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Création de buffers de 100 m autour de 	«captures.shp »	Surfaciques Qualitatives Quantitatives N = 41	<ul style="list-style-type: none"> - ID - Village - N° maison - Lat/long - Nombre de dormants - Possession moustiquaire - Utilisation de répulsifs - Nombre d'ouvertures - Feu intérieur/extérieur - Nature du toit - Présence d'ustensiles - de zones de travaux - de cours d'eau - Nombre moyen d'anophèles récoltés par mission - Indice de végétation

chaque point de capture
 - Calcul de l'indice de fragmentation et de l'indice de végétation moyen par buffer
ARCGIS
 -
 Intégration de la BD par jointure spatiale

- Type de sol
 - Indice de Fragmentation

THÈME (COUCHE)	SOURCE	TRAITEMENT	FICHER FINAL	TYPE DE DONNÉES	DE DONNÉES ATTRIBUTAIRES
OCCUPATION DU SOL					
BÂTI	IMAGE SATELLITE SPOT 5 10m couleurs 3 / 12 / 2003	IDRISI KILIMANDJARO - Calcul Indice de cuirasse - RECLASS pour coder tout le bâti en 1 et le reste en 0 - Export en fichier vecteur ARCGIS -Travail de l'image pour bien isoler les zones bâties (mise à jour du fichier) - Calcul d'un buffer de 20 mètres autour de chaque polygone (pour intégrer habitations en marge et pallier la non détection due à la végétation) - Calcul de la superficie de chaque polygone - Jointure spatiale avec « Enfants » et « captures »	« enfants-area » « captures-area »	Surfaciques Quantitatives	- ID - Aire

CLASSIFICATION		IDRISI KILIMANDJARO - Classification non supervisée - 8 classes identifiées	« isoclust-Tori »	Surfaciques Qualitatives	- ID - Classe
INDICE DE VÉGÉTATION PVI 2		IDRISI KILIMANDJARO - Calcul du PVI 2, indice perpendiculaire de végétation	« pvi-tori »	Surfaciques Qualitatives	- ID - Indice
INDICE DE FRAGMENTATION		IDRISI KILIMANDJARO - Calcul de l'indice de texture Fragmentation sur l'image « isoclust »	« fragm-isoclust »	Surfaciques Quantitatives	- ID - Indice de Fragmentation
INFRASTRUCTURES DE SANTÉ					
DISPENSAIRES	- Relevés GPS	CARTALINX - Création de la topologie - Export en fichier shape ARCGIS - Calcul de la distance de chaque enfant aux 3 dispensaires	« dispensaires.shp »	Ponctuelles	- ID - Lat/long

Pour intégrer les données dans le SIG, ces différents thèmes identifiés ont permis de conceptualiser la base de données selon un modèle orienté objet (méthode HBDS - *Hypergraph Based Data Structure*) - (Berge 1970). C'est une méthode générale de modélisation de la structuration de l'information spatiale, thématique et temporelle qui s'appuie sur une approche phénoménologique. Elle est fondée sur la théorie des ensembles, qui régit les phénomènes de toutes natures ainsi que leur organisation, et sur la théorie des graphes (concept d'hypergraphe). Un modèle HBDS comprend quatre types de données : l'objet, qui représente une entité du monde réel, c'est l'élément constituant de la classe ; la classe, un groupe d'entités (objets) ayant les mêmes propriétés (attributs) et une sémantique commune ; l'attribut, qui représente une caractéristique propre à une entité ou à une relation entre phénomènes ; et le lien, relation qui associe des objets d'une même classe ou de classes distinctes.

3.2.2 Une concentration des cas de paludisme dans certains villages

Le SIG permet une analyse à l'échelle des groupes ethniques, des villages, des quartiers, dans le but de rechercher des disparités spatiales, des points de concentration (« hot spots »), et de rechercher les liens avec des facteurs sociaux, économiques, culturels, pour comprendre la constitution du territoire – ou des territoires – de Tori-Bossito.

Une remarque préalable pour la compréhension des résultats : il y a dans chaque village à peu près la même proportion (5 %) de nouveau-nés suivis par rapport à la population totale de chaque village (tableau 15). Il faut cependant garder à l'esprit que cette proportion d'individus suivis n'est pas forcément représentative de la population de chaque village. Certaines mères fréquentent les dispensaires, d'autres font appel à des structures privées, ou, plus souvent à Tori, accouchent chez elles ou hors structures. On ne connaît pas encore bien ce qui détermine ce choix.

TABLEAU 15 : POPULATION DES VILLAGES DE TORI ET NOUVEAU-NÉS SUIVIS

VILLAGES	2006	2004	% MOINS DE 5 ANS 2004	NBRE DE MÉNAGES 2004	NBRE DE NOUVEAU-NÉS SUIVIS	% DE NOUVEAU-NÉS SUIVIS (SUR POP 2006)
Avamé centre	1794	1563	22,3	316	98	5,46
Gbédjougo	1319	1149	23,3	229	77	5,84
Houngo	1217	1070	24,9	223	62	5,09
Ananvié	1595	1390	21,6	286	68	4,26
Dohinoko	1180	1028	21,4	232	58	4,92
Gbétaga	980	854	22,4	134	52	5,31
ToriCada centre	1463	1275	21,8	257	86	5,88
Zébé	1054	918	22,1	196	46	4,36
Zoungoudo	1463	1275	19,7	251	48	3,28

Le nord de la commune de Tori-Bossito regroupe la plus grande concentration de cas de paludisme, parmi ceux recensés activement et passivement par le suivi de la cohorte. Une Hot Spot Analysis¹ effectuée sur le total des cas de paludisme déclarés par enfants (un cas de paludisme correspond à un Test de Diagnostic rapide (TDR) positif lors d'une visite mensuelle ou d'une visite spontanée), montre clairement cette concentration dans les villages d'Anavie, Zebe, Gbetaga, et Zoungoudo (figure 44). Le résultat se présente sous forme de z-score qui indique le degré de concentration des hautes et des basses valeurs : un z-score négatif indique une concentration de basses valeurs (ici, les enfants qui n'ont eu aucun TDR positif sur la période de suivi), et un z-score très élevé indique une concentration de hautes valeurs (enfants qui ont eu beaucoup de TDR positifs, ce chiffre allant de 0 à 8 sur la période de suivi d'août 2007 à octobre 2009).

On a également mesuré le taux d'anticorps anti-CSP (*CircumSporozoïte*) dans le sang des parents. Les anticorps anti-CSP (*CircumSporozoïtes*) mesurent aussi une certaine réalité de la transmission mais « chronique ». Si la transmission est importante de manière stable, alors, à l'échelle d'une population, on trouvera des forts taux d'anticorps anti-CSP. Un fort taux d'anticorps anti-CSP indique donc une fréquence élevée d'exposition aux piqûres infectantes par le parasite *Plasmodium falciparum*. La répartition des forts taux d'anticorps anti-CSP est très semblable à celle trouvée avec la Hot-Spot analysis des TDR (figure 45). Cette distribution spatiale caractérisée par une coupure nord/sud ne se vérifie pas aussi nettement lorsque l'on regarde celle des moustiques récoltés lors des dix-neuf missions de capture (figure 46). On a choisi de calculer la moyenne des anophèles par maison pour l'ensemble des campagnes, pour deux raisons. D'une part, certaines maisons de captures ont été changées au profit d'autres (pour des raisons pratiques...), donc les résultats pour certaines maisons se réfèrent à une, deux ou trois campagnes. Prendre en compte le total des anophèles aurait donc faussé les rapports de grandeur de la densité anophélienne constatée. D'autre part, nous ne nous intéressons pas ici à la saisonnalité anophélienne, mais à sa variabilité spatiale.

Les villages du nord de la zone (Anavie, Gbetaga, Zebe) ont bien un nombre moyen de 5 à 11 anophèles capturés par mission, mais Dohinoko (au centre de la zone) aussi. Au sud, les villages de Gbedjougo et Avame ont aussi un nombre moyen de 5 à 8 anophèles/mission. La

¹ « Getis Ord Gi » dans les outils de statistiques spatiales d'ArcGis

complexité du lien entre abondance vectorielle et transmission est donc confirmée, même s'il faut rappeler que les conditions et le maillage des captures (41 points en tout) ne permettent pas de mesurer finement cette relation. Rappelons que les épidémiologistes ont pour habitude de réfléchir sur de vastes échelles ; ils s'intéressent à la santé des populations et non à celle des individus. Or, on a fait l'hypothèse depuis le début que ce sont bien des déterminants individuels qui expliquent une différence de vulnérabilité d'un foyer à l'autre. Pour les cas particuliers pointés (figure 47), il faut néanmoins se poser la question de la durée du suivi. En effet, une petite proportion de nouveau-nés est sortie de la cohorte avant la fin des 18 mois de suivi prévus. Le nombre total de TDR positifs pris en compte peut donc ainsi être différent pour ces quelques individus.

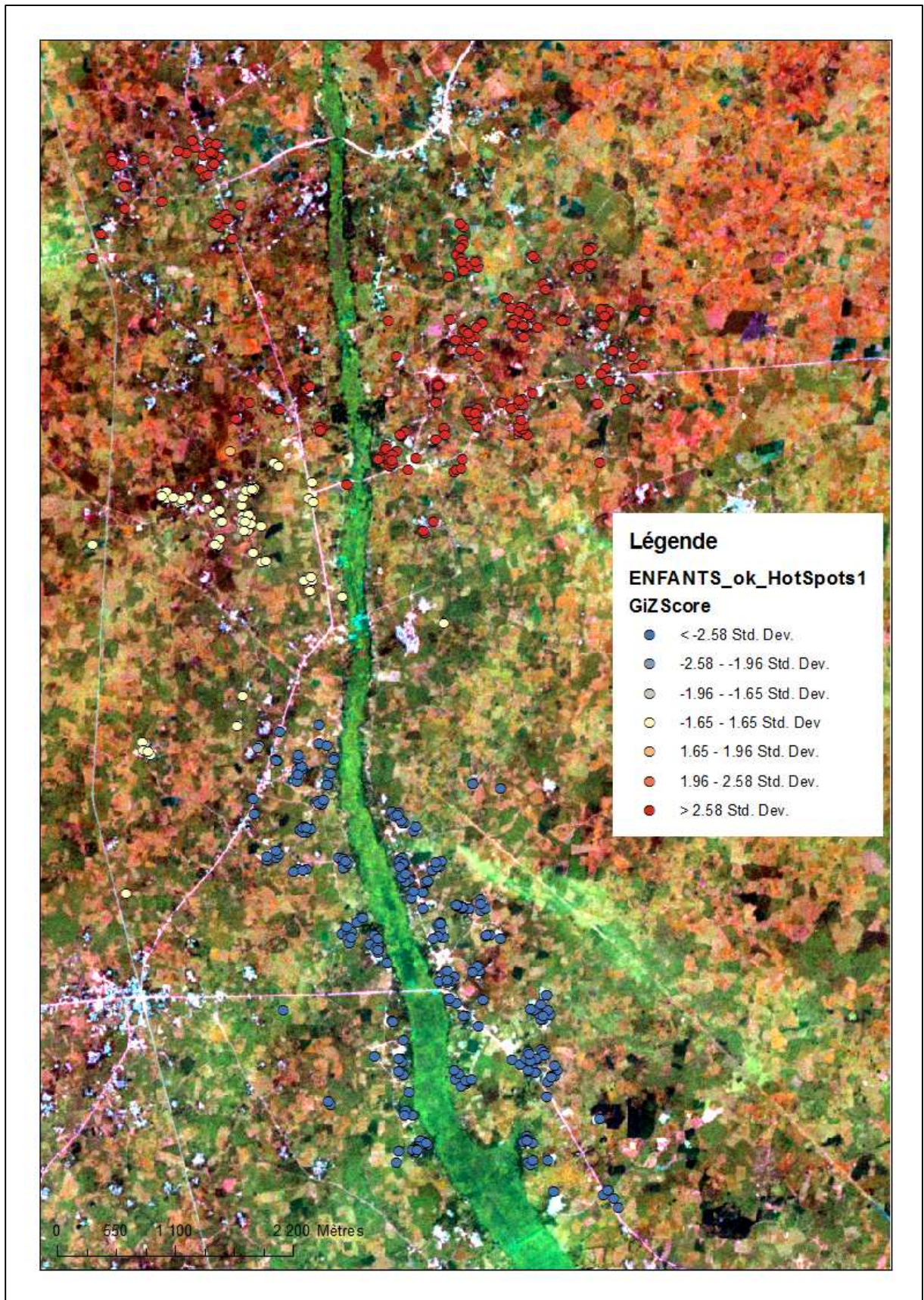


FIGURE 44 : CONCENTRATION DES CAS DE PALUDISME AU NORD DE TORI-BOSSITO – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

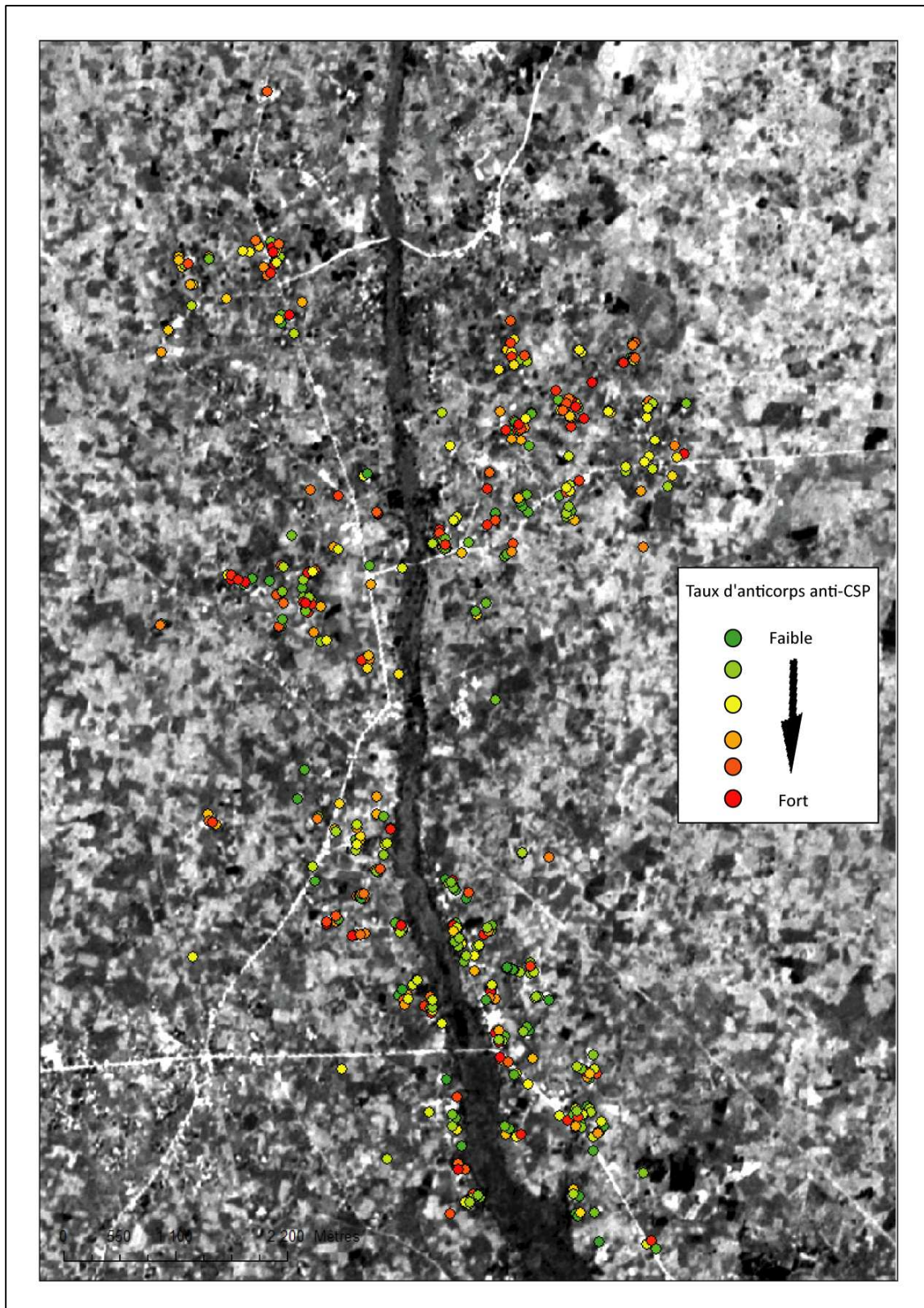


FIGURE 45 : RÉPARTITION DES ANTICORPS ANTI-CSP DANS LA POPULATION DES MÈRES DES NOUVEAU-NÉS SUIVIS – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

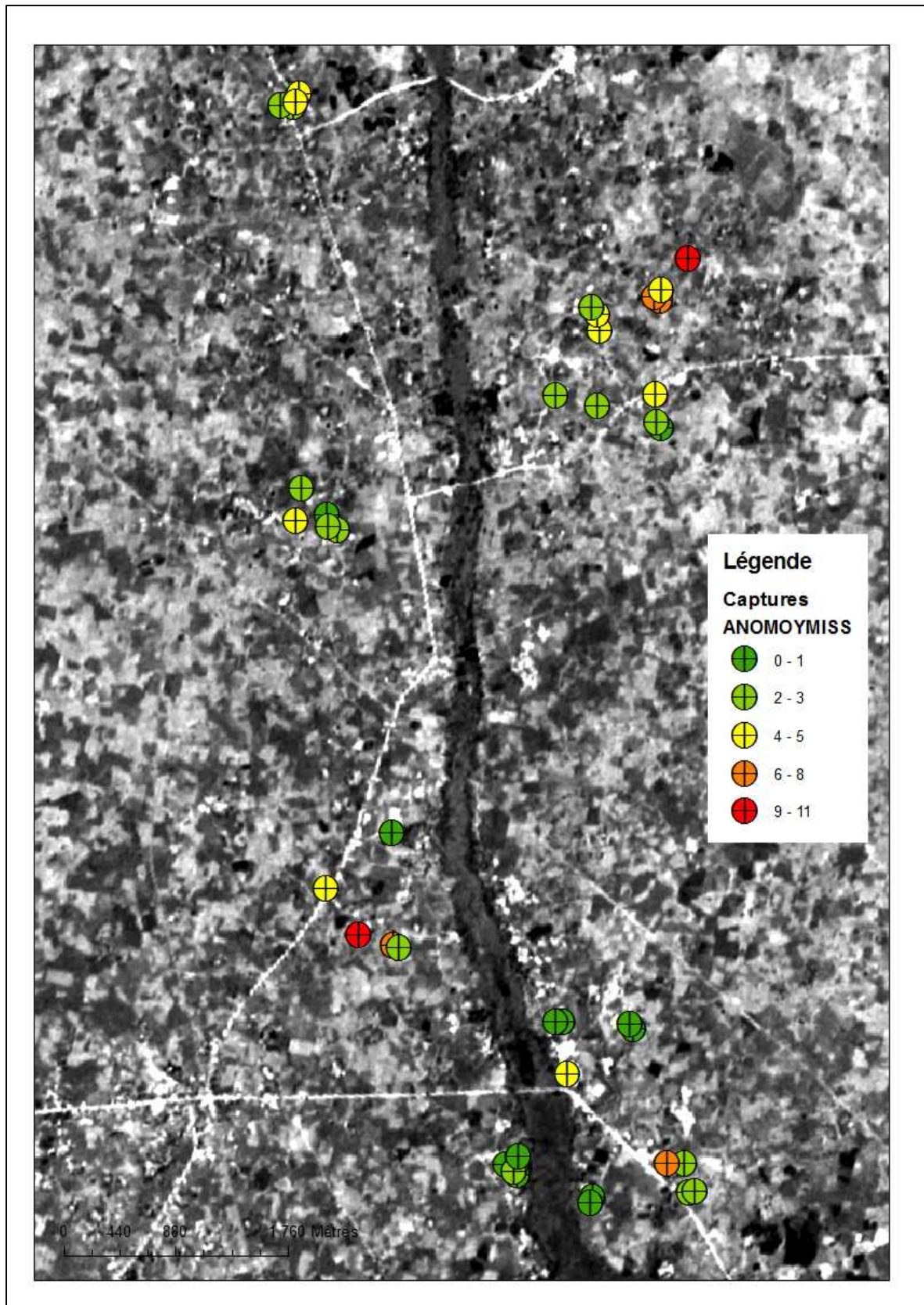


FIGURE 46 : RÉPARTITION DU NOMBRE MOYEN D'ANOPHÈLES CAPTURÉS PAR MISSION ET PAR MAISON – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

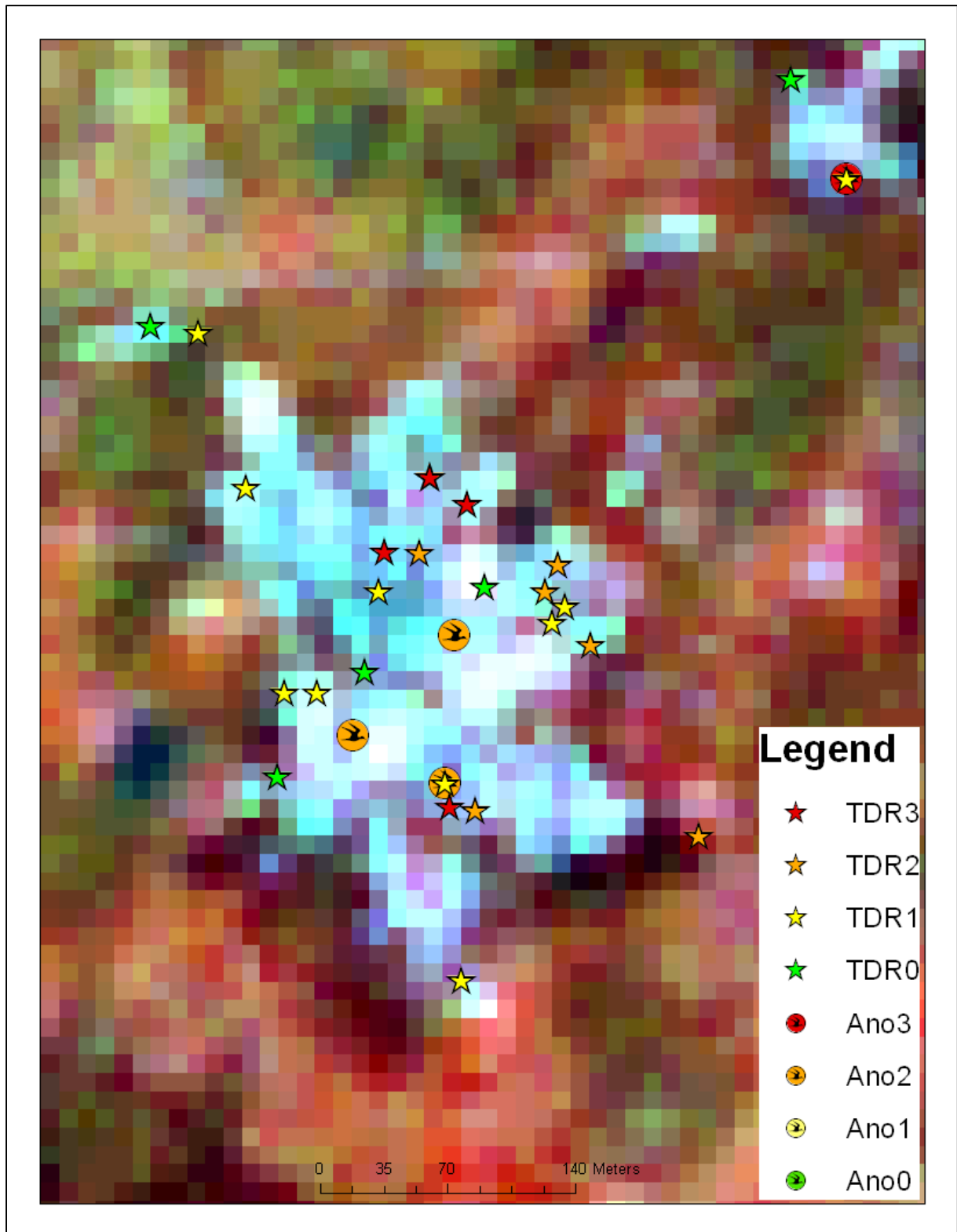


FIGURE 47 : CAS DE DEUX NOUVEAU-NÉS N'AYANT AUCUN TDR POSITIF DANS LE VILLAGE DE GBETAGA - Les 4 classes de TDR et de nombre d'anophèles correspondent à celles des cartes précédentes. – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

3.2.3 Les facteurs expliquant la plus grande vulnérabilité des populations des villages du nord de Tori-Bossito

L'enjeu est de savoir si la concentration des cas de paludisme détectés au nord de Tori s'explique par des conditions sociales, économiques, culturelles... spécifiques.

Considérons d'abord les ethnies. Trois groupes d'ethnies sont présentes. Les Torri (parfois écrit « Tori »), les Fon et un groupe mêlant d'autres ethnies (Yoruba, Mina...). Ils sont assez bien répartis sur la zone, avec une nette prédominance des Torri (figure 48). On note tout de même que l'ethnie Fon est légèrement plus présente dans la zone de Gbetaga au nord. Appartenant au groupe des Adja, les Fon sont pourtant le groupe ethnique majoritaire en nombre dans le bas-Bénin. Les colons agriculteurs Adja ont colonisé tout le plateau d'Allada au XIV^e siècle, puis au XVII^e siècle avec la consolidation de la dynastie royale d'Abomey. Les Adja-Fon asservirent en partie les populations Aïzo et Torri, déjà installés sur le plateau d'Allada, mais dont l'origine est indéterminée. Il existe en effet très peu de littérature sur les Torri, bien que le Pays Torri soit une toponymie connue. Les Torri seraient un sous-groupe des Fon. Au XX^e siècle, la colonisation s'est poursuivie avec l'installation de fermes dans les poches vides du plateau d'Allada par des migrants Adja venus de zones en voie de surpeuplement. Les plantations de palmiers à huile sont les vestiges de l'ancienne fonction de « fermes de culture » de Ouidah de cette région.

Les données sur les ethnies des individus ont été récoltées par questionnement à la mère lors de l'inclusion des nouveau-nés dans l'enquête. L'auto-identification en tant que Torri pourrait ainsi probablement faire référence à la perception d'une plus grande ancienneté de vie de la famille à Tori. Au contraire, les Fon sont une ethnie allogène, ayant peuplé tout le sud du Bénin. Ils n'auraient pas d'identité spécifique attachée au pays Tori, où ils sont arrivés plus tardivement. Cela explique qu'ils se soient installés dans les endroits les moins peuplés pour y installer leurs cultures, alors que les Torri peuplent les villages les plus centraux par rapport aux axes de communication. Quant aux Yoruba, arrivés aux XIX^e et XX^e siècles, ils constituent une bonne partie des autres ethnies et exercent principalement des métiers commerciaux. Il faut noter cependant que le questionnaire imposait la déclaration d'une seule ethnie, alors que nombre de foyers sont issus de mariages mixtes et qu'il y a un nombre croissant d'identités multi-ethniques. Une étude approfondie des groupes ethniques

sur la commune de Tori serait indispensable pour appréhender au mieux leur organisation territoriale et les pratiques culturelles issues de cette mixité ethnique. L'identification des Fon comme l'ethnie la plus vulnérable au paludisme renvoie à une idée qui n'est pas nouvelle. Les ethnies allogènes, parce que les dernières arrivées, seraient les plus vulnérables dans un territoire. Elles n'ont en effet pas toujours adopté les habitudes de la population présente depuis longtemps en matière de prévention contre les aléas pathogènes, et s'installent souvent dans les zones inhabitées jusque là parce que moins accueillantes ou plus contraignantes. En Côte d'Ivoire, le même phénomène s'est produit. Deux ethnies allogènes, les Mossi (burkinabé) et les Senoufo (Nord de la Côte d'Ivoire), ont migré vers le sud du pays pour apporter de la main d'œuvre nécessaire à la culture du café et du cacao. Ils se sont retrouvés dans les zones infestées de glossines, les vecteurs transmettant la Trypanosomiase humaine africaine (THA). On a noté un plus fort taux de transmission de cette parasitose chez ces populations. Deux hypothèses peuvent jouer dans le cas de la THA. Une hypothèse « génétique » : la THA disparaît puis réapparaît souvent au même endroit un temps plus tard. C'est parce que les populations soumises à cette parasitose construisent petit à petit leur immunité, ce qui diminue la prévalence de la maladie, jusqu'à sa disparition. Mais les glossines continuent d'infester les mêmes foyers et l'épidémie se réinstalle ensuite chez ces populations qui ont perdu leur immunité. L'autre hypothèse, « environnementale », réside dans les phénomènes de migrations qui apportent dans des zones infestées des populations qui n'ont jamais été en contact avec ces vecteurs, donc non immunisées (Kaba et al 2006; Méda et al 1993). Dans cet exemple comme à Tori, on observe qu'une ségrégation spatiale se double donc d'une ségrégation « ethnique » pendant plusieurs générations avant que le melting-pot ne s'opère.

Les habitudes de prévention, liées aux représentations culturelles, font aussi apparaître des pratiques différentes selon les villages. La réalité de l'utilisation ou non de la moustiquaire est difficile à appréhender, en l'absence de vérification *de visu*. Pour augmenter la crédibilité des enquêtes sur cette question, on a relevé l'information à deux moments. D'abord lors de l'inclusion des nouveau-nés dans le suivi, (question figurant dans le cahier d'observation, voir Annexe III), cette période s'est étalée de juin 2007 à juillet 2008. Et ensuite lors d'une enquête spécifique réalisée fin 2008. L'augmentation de la couverture entre ces deux relevés (figures 49 et 50) est due à une campagne de distribution de moustiquaires sur l'ensemble

du Bénin par le PNLP. Dans notre population, le taux de personnes déclarant en posséder une a augmenté de 30 % entre les deux enquêtes, alors que seulement 9 % n'en avaient pas au premier comme au deuxième passage. Ces 9 % sont cependant concentrés sur les villages de Gbetaga, d'Ananvié, et de Zebe au nord-ouest, zone qui semble avoir le moins profité de cette campagne censée couvrir l'ensemble du territoire.

Le niveau de scolarité peut jouer sur l'assimilation des conseils de protection, sur les habitudes de recours au soin, sur l'activité exercée qui à son tour peut expliquer une situation économique bonne ou difficile.

Les femmes, en grande majorité, n'ont pas été scolarisées, mais pas particulièrement au nord de Tori (figure 51). Le niveau de scolarisation des maris, lui, a une distribution un peu différente (figure 52). Il est globalement plus élevé que celui des femmes, et le nombre de pères n'ayant eu aucune éducation est proportionnellement légèrement plus élevé à Gbetaga. La scolarité n'est donc pas un facteur clairement discriminant des populations du Nord de Tori. Elle est assez homogène selon les foyers, et l'on retrouve comme partout un niveau plus élevé d'éducation chez les hommes. Si l'on s'intéresse à l'impact sur le niveau de vie, quel rôle joue en revanche l'activité exercée par les membres du foyer ?

La carte des activités des femmes (figure 53) montre qu'il y a nettement une prédominance de cultivatrices au nord et de ménagères au sud. Les activités des hommes (figure 54) en revanche mettent en évidence une nette prédominance des agriculteurs, dans tous les villages. Dans beaucoup de pays d'Afrique sub-saharienne cependant, lorsque les maris se déclarent cultivateurs, c'est qu'ils travaillent à des cultures de rentes, sur des parcelles souvent grandes et qui peuvent être éloignées du lieu d'habitation. A l'inverse, les femmes s'occupent presque toujours de la culture vivrière, sur des petites parcelles proches ou à l'intérieur de la concession. A Tori, il semble pourtant que les femmes déclarant être ménagères ne vont effectivement jamais aux champs. C'est encore une fois toute la difficulté d'enquêtes de terrain où les questionnaires imposent le choix d'une réponse. En tout état de cause, l'activité des femmes est a priori un meilleur indicateur du niveau de vie. Voyons si cette hypothèse se vérifie avec la distribution spatiale des caractéristiques des lieux de vie.

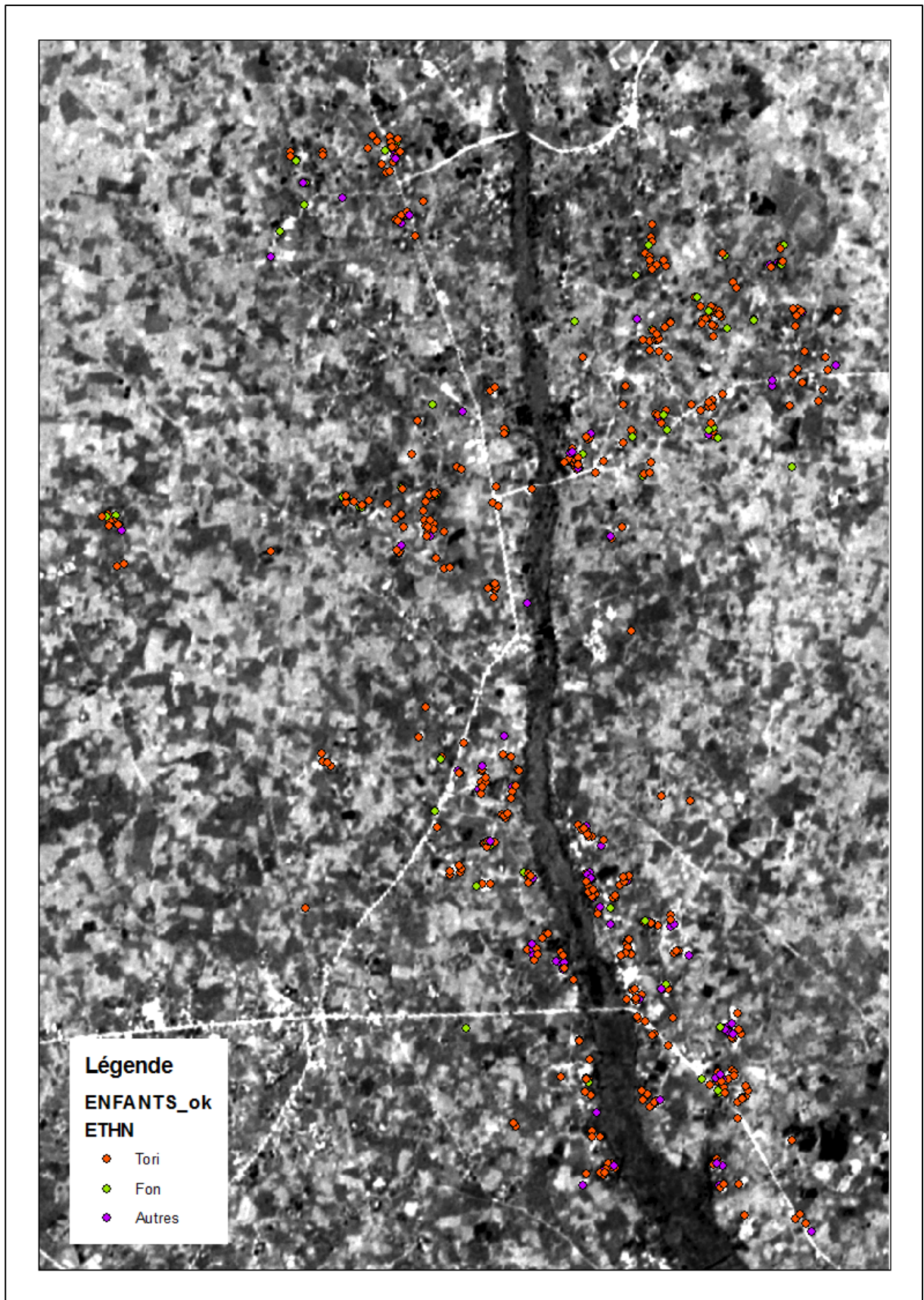


FIGURE 48 : LES ETHNIES DE TORI-BOSSITO – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

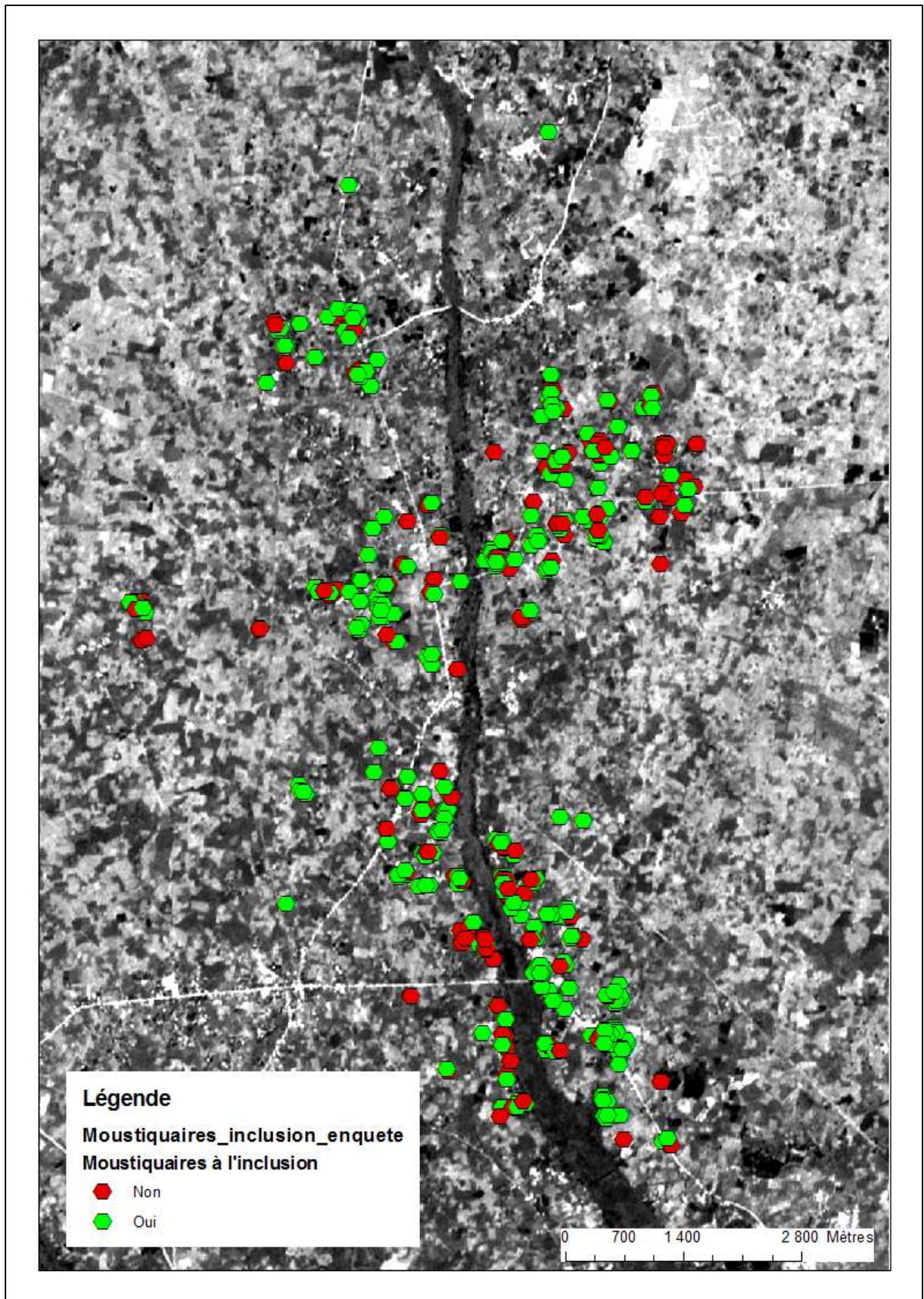


FIGURE 49 : LA POSSESSION DE LA MOUSTIQUAIRE DANS LES VILLAGES À L'INCLUSION EN 2007 – SIG
C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

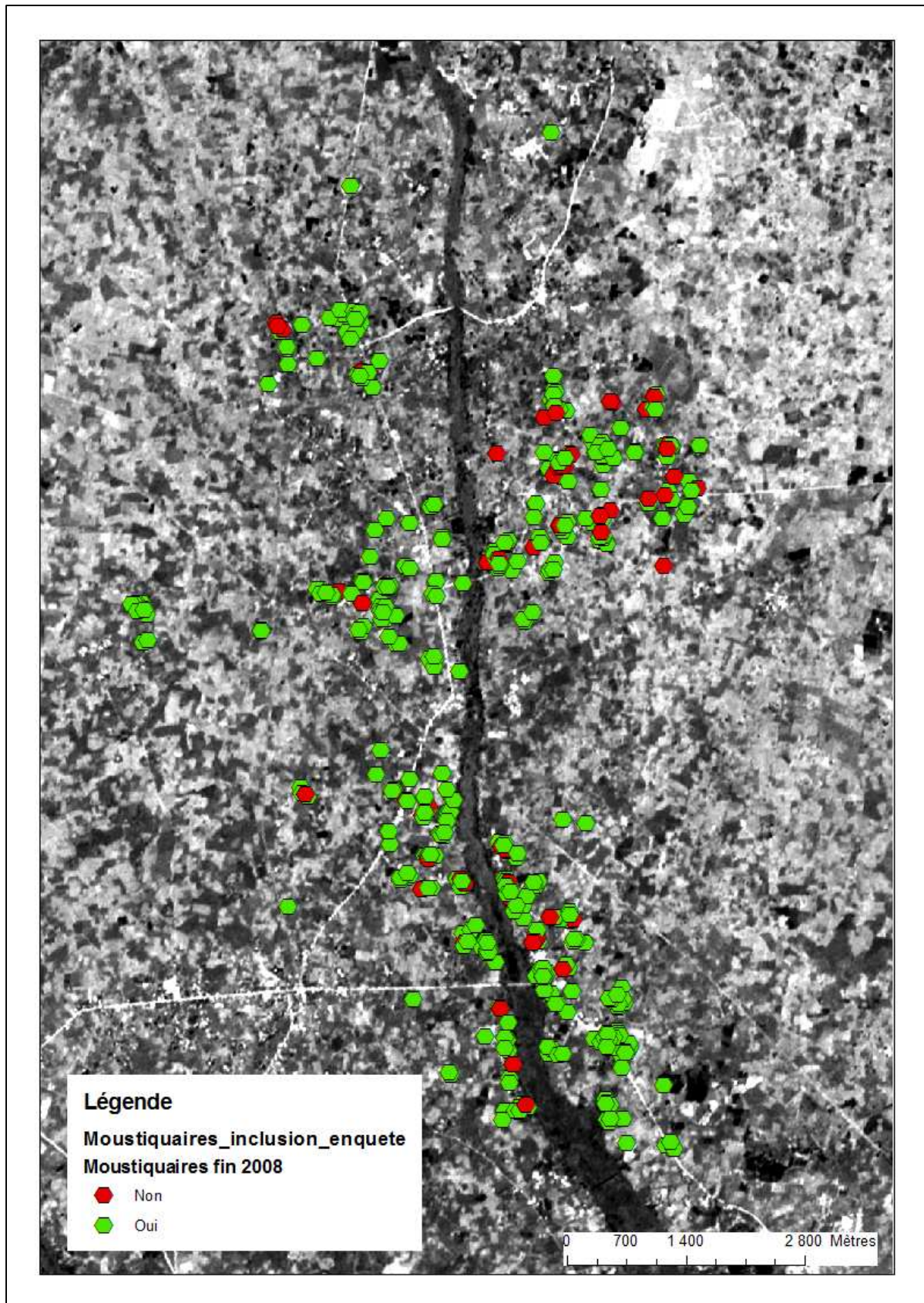


FIGURE 50 : LA POSSESSION DE LA MOUSTIQUAIRE DANS LES VILLAGES LORS DE L'ENQUÊTE FIN 2008 – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

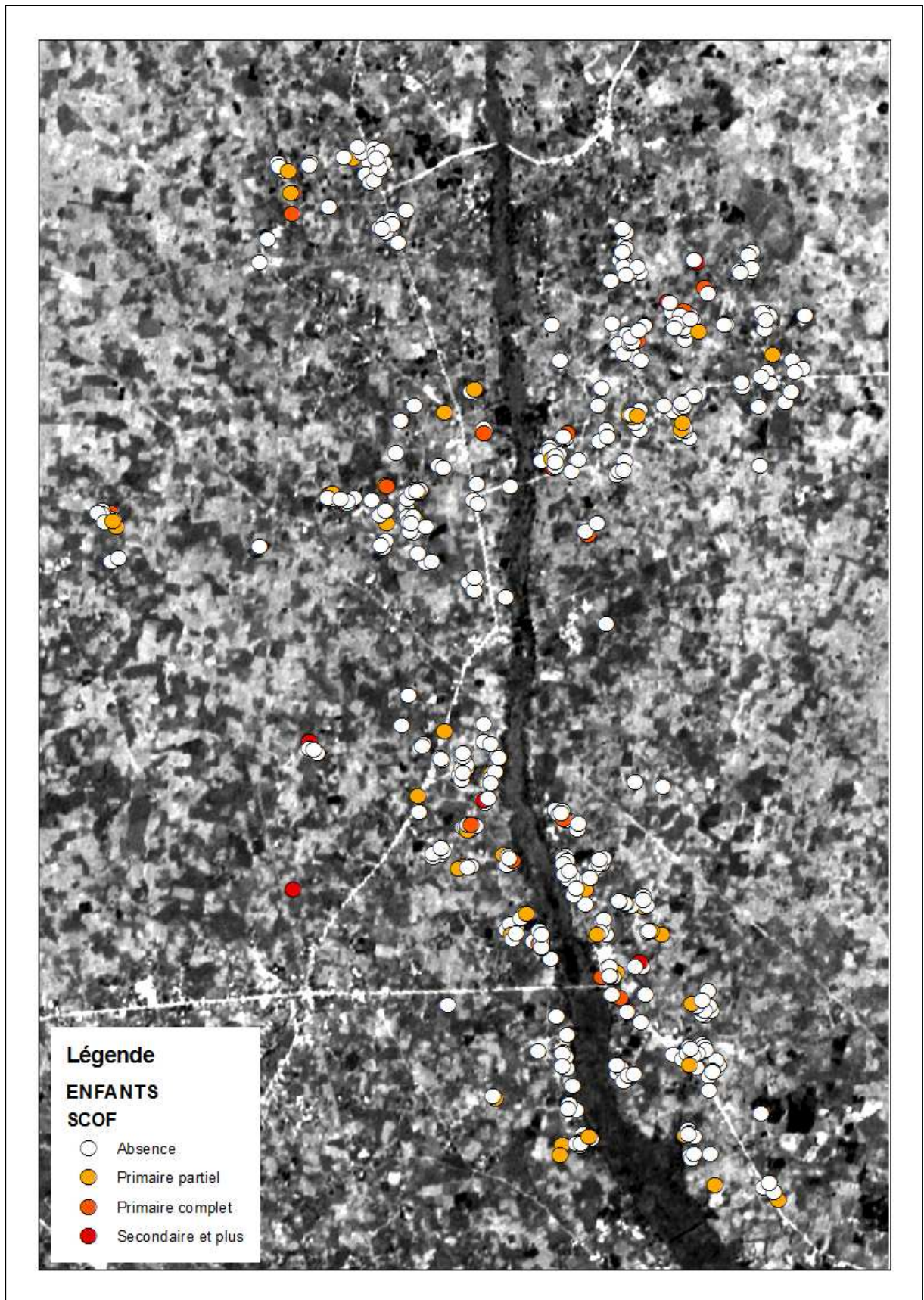


FIGURE 51 : NIVEAU DE SCOLARISATION DES FEMMES DE TORI – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

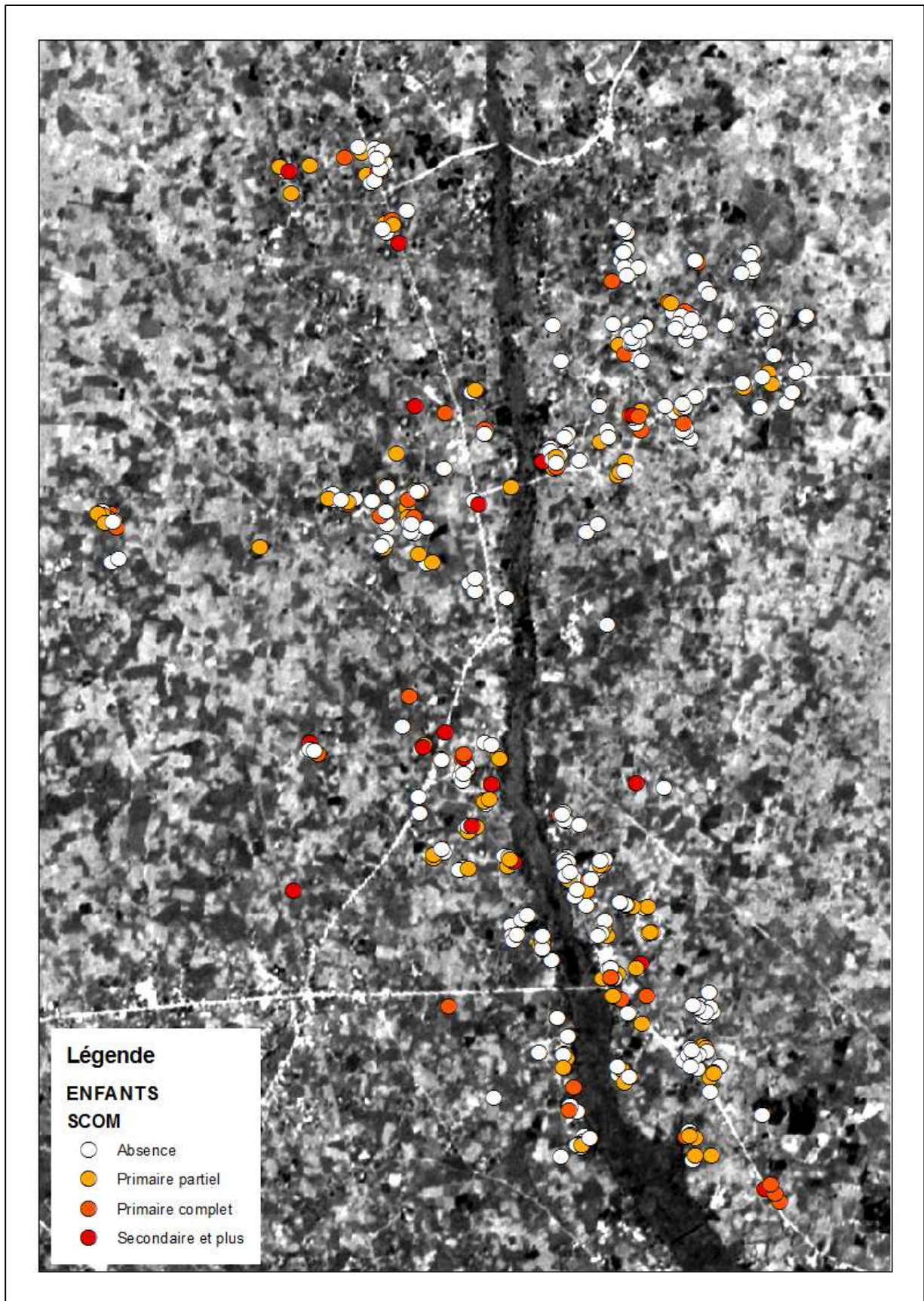


FIGURE 52 : NIVEAU DE SCOLARISATION DES MARIS DE LA COHORTE – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

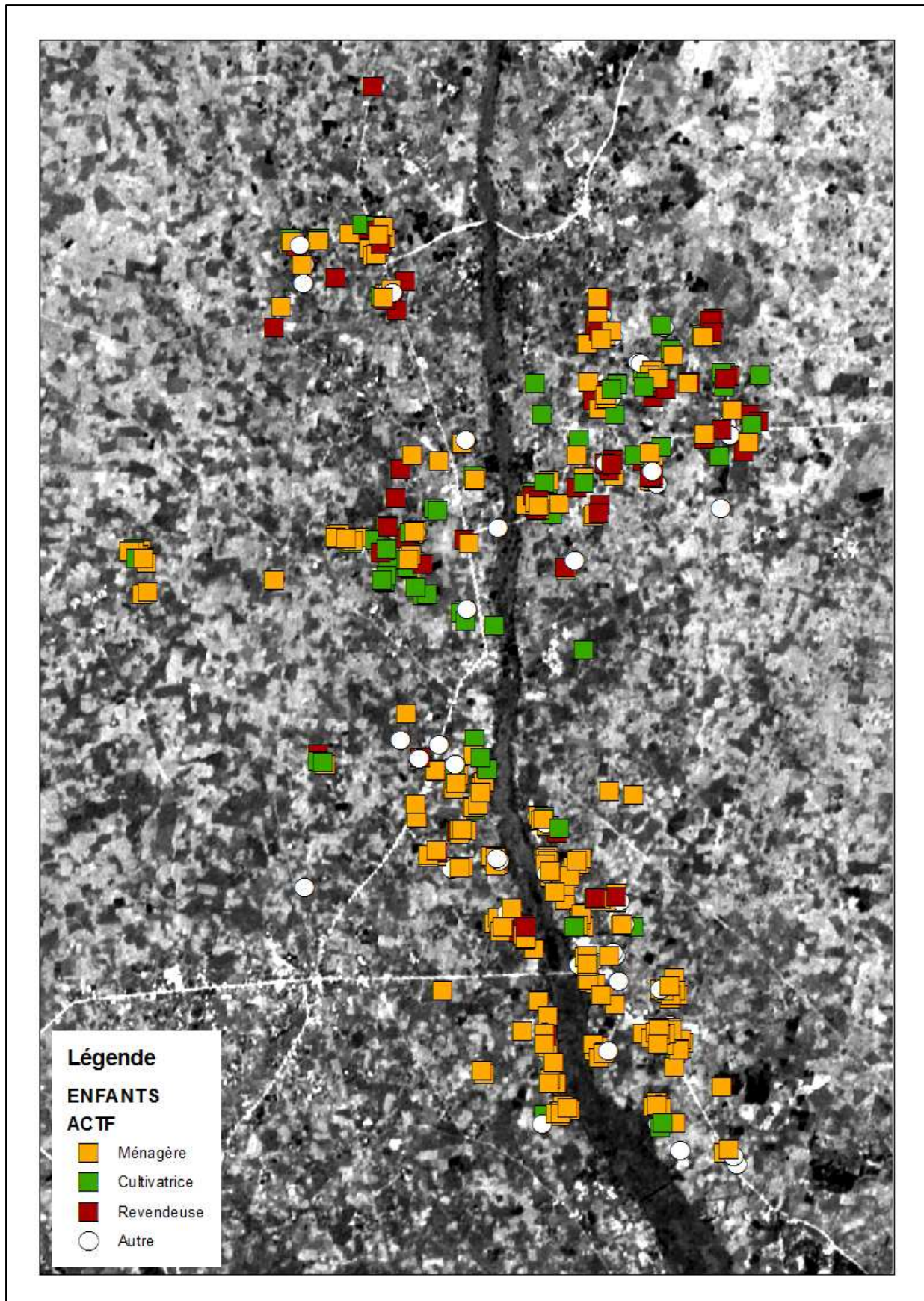


FIGURE 53 : ACTIVITÉS DES FEMMES – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

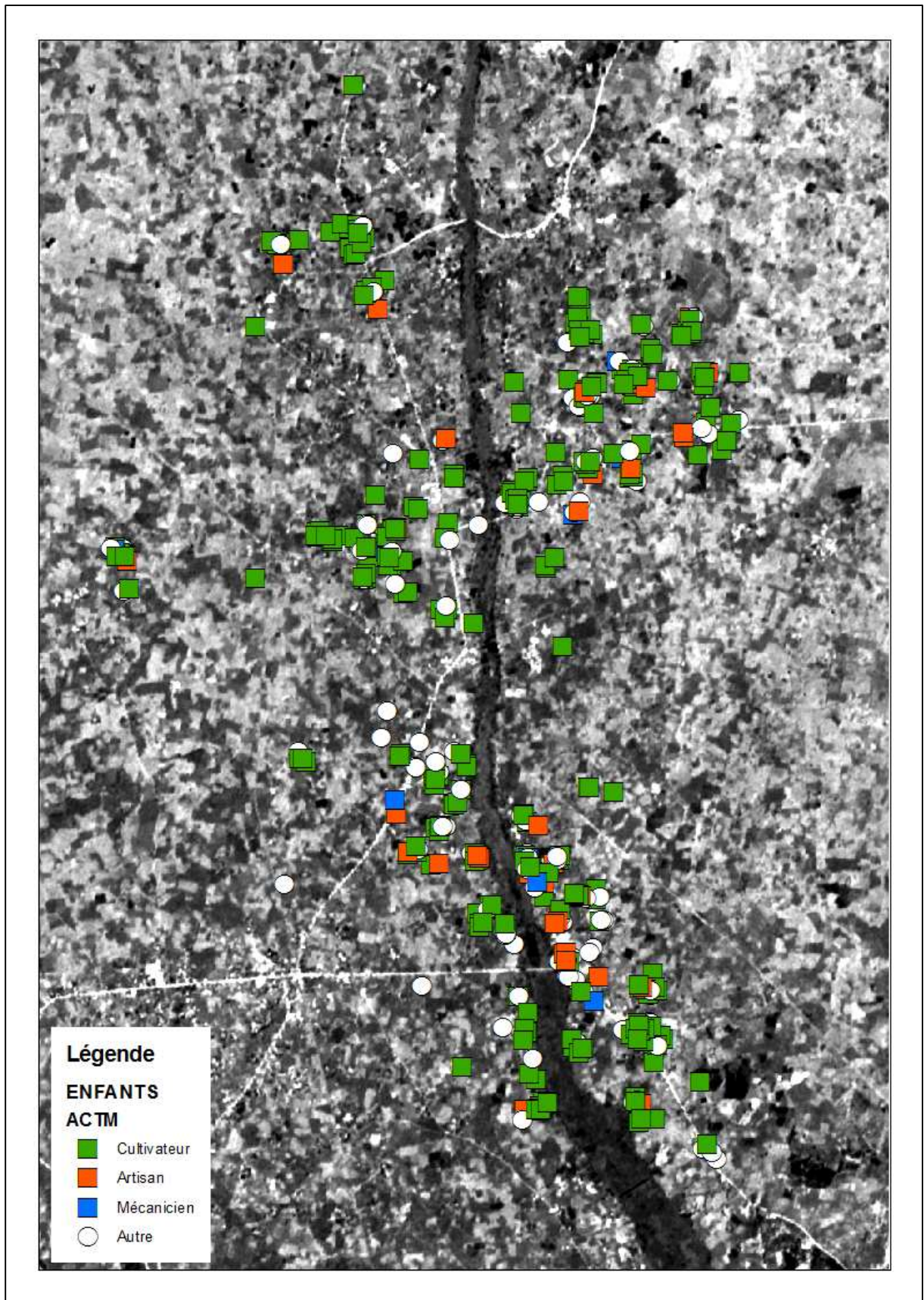


FIGURE 54 : ACTIVITÉS DES MARIS – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

En ce qui concerne les caractéristiques du lieu de vie, plusieurs facteurs sont à prendre en compte. D'abord, les matériaux utilisés pour la construction. Ce sont le ciment, la terre battue ou un mélange des deux pour les murs et les sols, et la paille et la tôle pour les toits. Nous avons vu que l'emploi de la tôle et du ciment étaient un marqueur d'un niveau de vie un peu plus élevé. Si les deux types d'habitats (maisons à toit de paille et maisons à toit de tôle) sont présents dans tous les villages, la zone de Gbetaga et de Zoungoudo au nord (figure 55) comporte davantage de maisons avec un toit en tôle que les autres villages de Tori.

Deuxièmement, l'évacuation des eaux usées et des ordures peut être un facteur important, même si l'on n'en comprend pas encore tous les ressorts en matière de densité anophélienne. En effet, les eaux usées sont normalement peu propices aux anophèles, mais ils sont en constante évolution quant à leur aptitude à supporter une eau polluée (David et al 2005; Djouaka et al 2007). A Tori, l'évacuation se fait hors de la concession, dans la concession, ou dans la cour. Là encore (figure 56) une légère disparité nord-sud caractérisent ces pratiques. Les villages du sud (Gbedjougo, Houngo) pratiquent davantage l'évacuation de l'eau dans leur cour d'habitation. Cela peut s'expliquer par des natures de sol différentes. Les habitants à proximité du bas-fond prennent l'habitude de jeter l'eau à proximité des lieux d'habitation. Dans ce dernier cas, on peut penser que les flaques d'eau créées par ces déversements dans la cour sont plus souvent piétinées, voire, disparaissent plus rapidement, que celles créées hors de la concession, où les anophèles seraient plus tranquilles pour pondre leurs œufs.

Troisièmement, la présence d'animaux à proximité des pièces d'habitation peut aider à distinguer des groupes d'individus. Les foyers ou les groupes d'individus ayant une moins bonne hygiène de vie, qui est souvent liée à des pratiques spécifiques de soins et des habitudes de recours au soin, sont aussi les plus à risque. Les animaux sont en général très présents à proximité des lieux d'habitation (figure 57), mais c'est dans la zone de Gbétaga que les animaux vont partout, même dans la chambre. Les animaux constituent un choix secondaire pour les repas de sang des anophèles *gambiae*. Leur présence pourrait donc attirer une plus grande quantité de moustiques, d'autant qu'ils sont attirés par le CO₂ dégagé par les organismes vivants. Et, s'ils ne développent pas de symptômes liés à

l'infection palustre, ils peuvent être des hôtes intermédiaires importants pour l'intensité de la transmission à l'homme.

Enfin, les pratiques de recours au soin dépendent aussi de critères de coût et de distance. Le calcul de la distance minimum de chaque foyer des nouveau-nés au dispensaire le plus proche fait apparaître trois zones définies comme éloignées (figure 58) : Zoungoudo, Gbetaga et Anavié au Nord, et la zone au centre des trois dispensaires correspondant au village de Dohinoko.

Cependant, lorsqu'on parle de facilité de recours aux structures de santé, il faut préférer la notion de temps de parcours (à pied, en mobylette, en voiture) à celle de distance (calculée à vol d'oiseau). En effet, la zone centrale de Dohinoko se trouve au bord de la route principale qui relie Tori-Bossito et Tori Gare au sud à Allada au nord. Ce village est géographiquement au centre des trois dispensaires, mais il est aussi et surtout extrêmement accessible et bien desservi. En revanche, Gbetaga, Anavié et Zoungoudo sont bien éloignés des dispensaires. Un temps de parcours assez long est nécessaire pour relier ces villages au côté ouest du bas-fond, augmenté par le fait que les routes reliant les trois villages sont très mauvaises, et davantage encore en saison des pluies, où elles deviennent impraticables pour les mobylettes ou les voitures.

Des territoires se dessinent donc, séparant globalement la commune entre le nord et le sud, caractérisés par une occupation ethnique légèrement différente spatialement, et correspondant à des modes d'habiter et des niveaux économiques différents. La zone de Gbetaga apparaît clairement comme la plus éloignée en termes de distance-temps des dispensaires, avec des signes d'une hygiène de vie moins bonne due à la présence d'animaux dans les lieux de vie. Cette zone correspond à une plus grande occupation par l'ethnie Fon, groupe ethnique allogène à Tori-Bossito. Les ethnies allogènes semblent souvent les plus vulnérables, ce sont souvent des ruraux, se déplaçant pour exercer leur activité de cultivateurs.

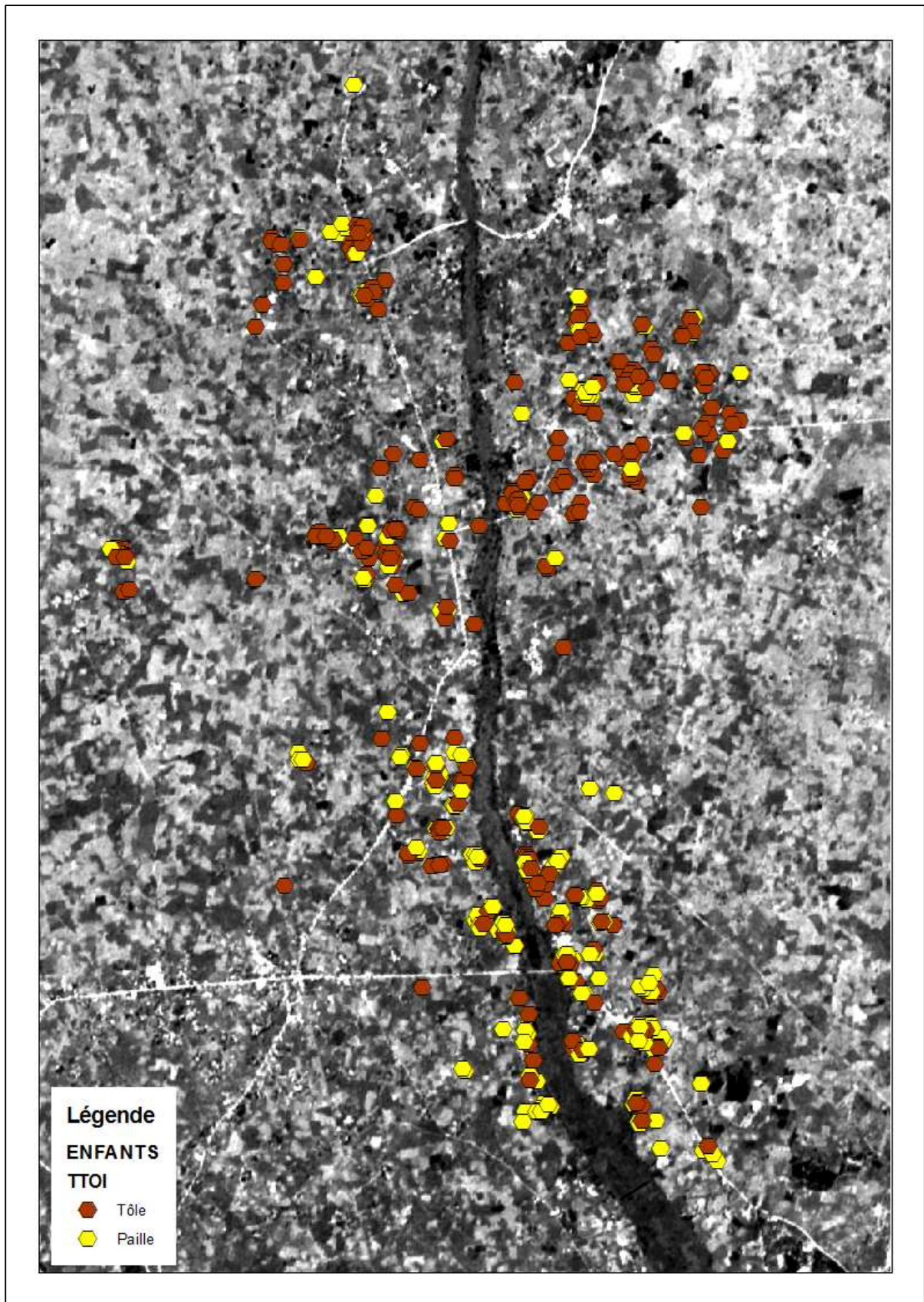


FIGURE 55 : DISTRIBUTION DES MAISONS EN FONCTION DE LA NATURE DU TOIT – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

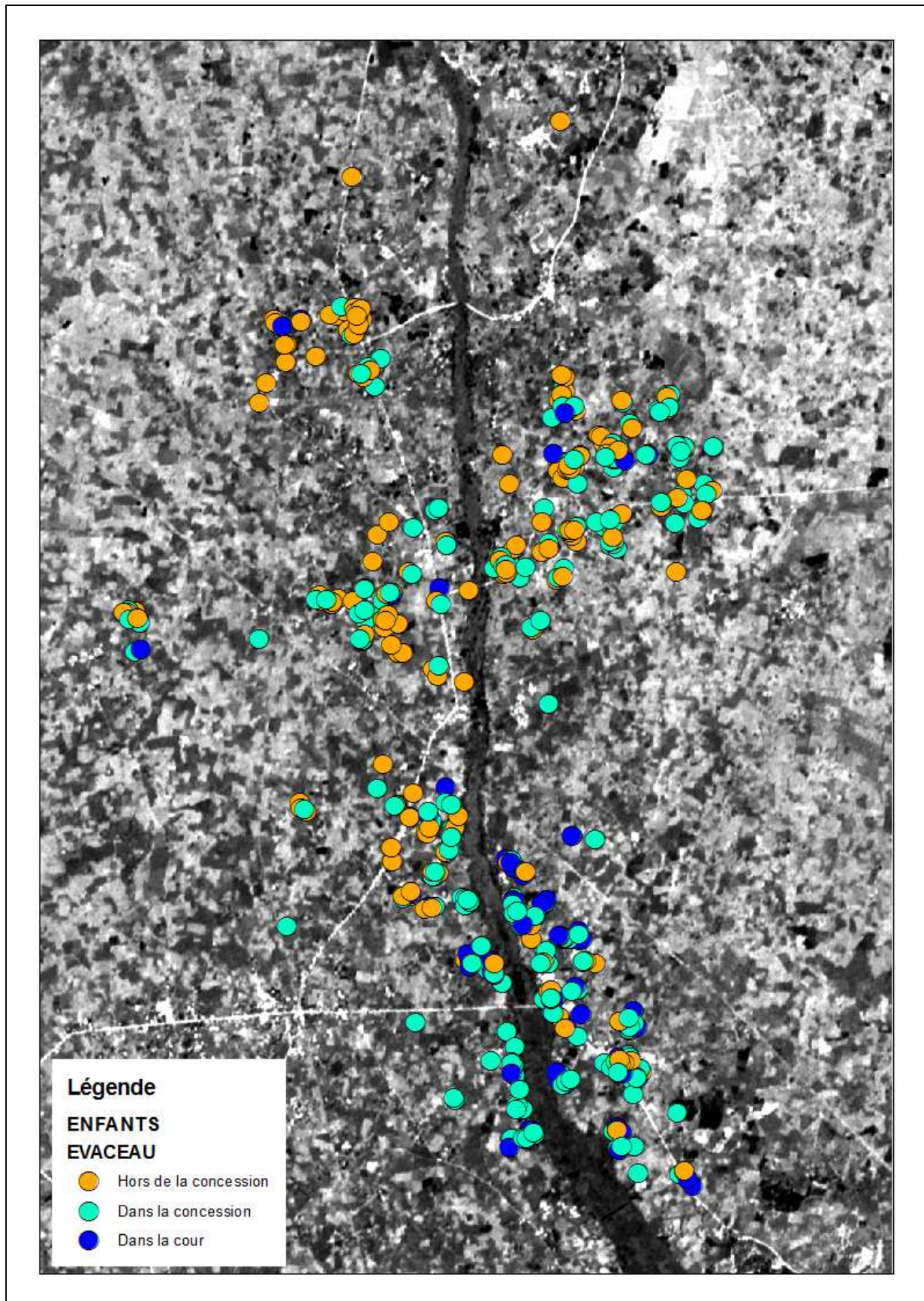


FIGURE 56 : ÉVACUATION DE L'EAU DES FOYERS – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

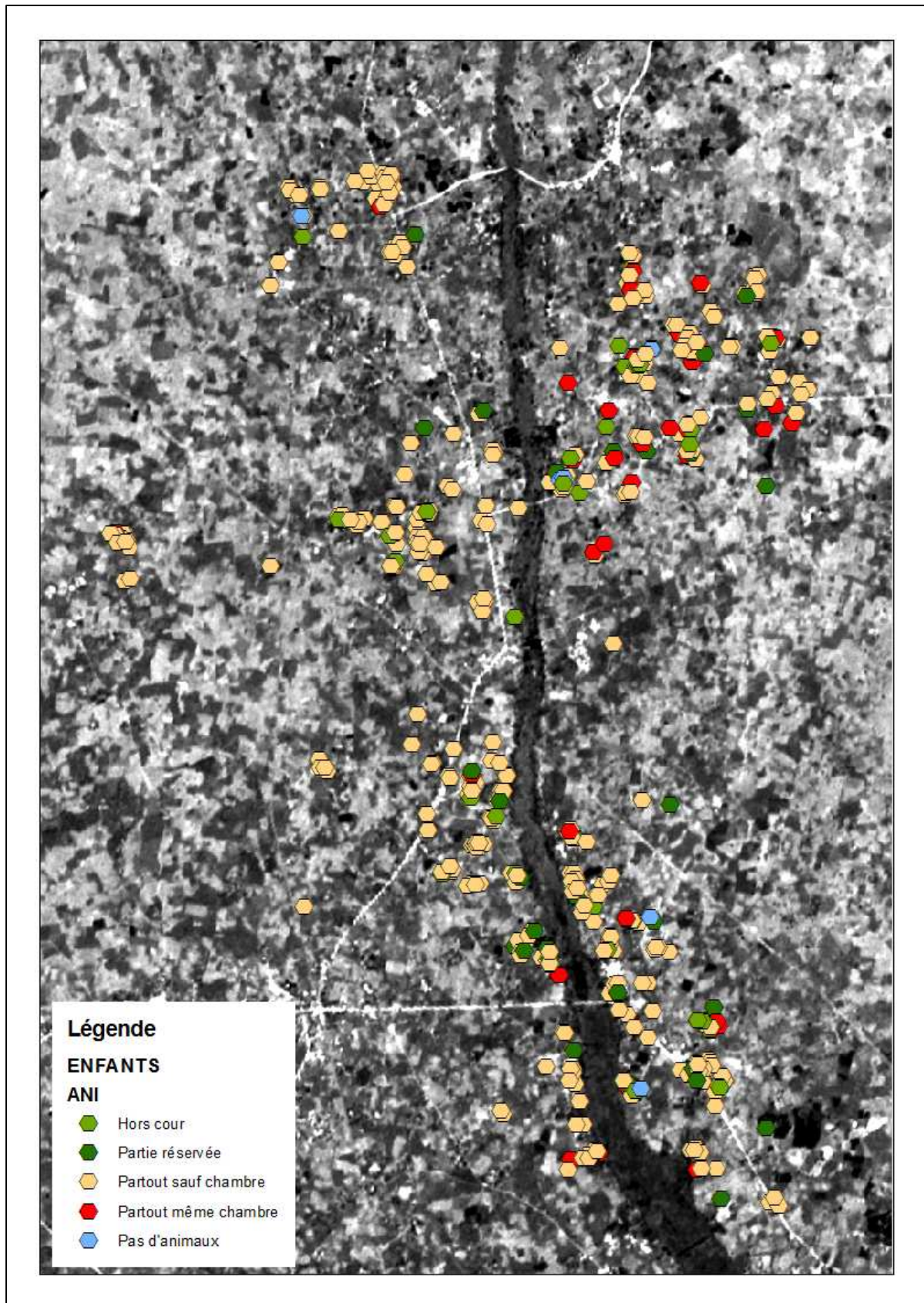


FIGURE 57 : LA PRÉSENCE D'ANIMAUX DANS LES LIEUX DE VIE – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

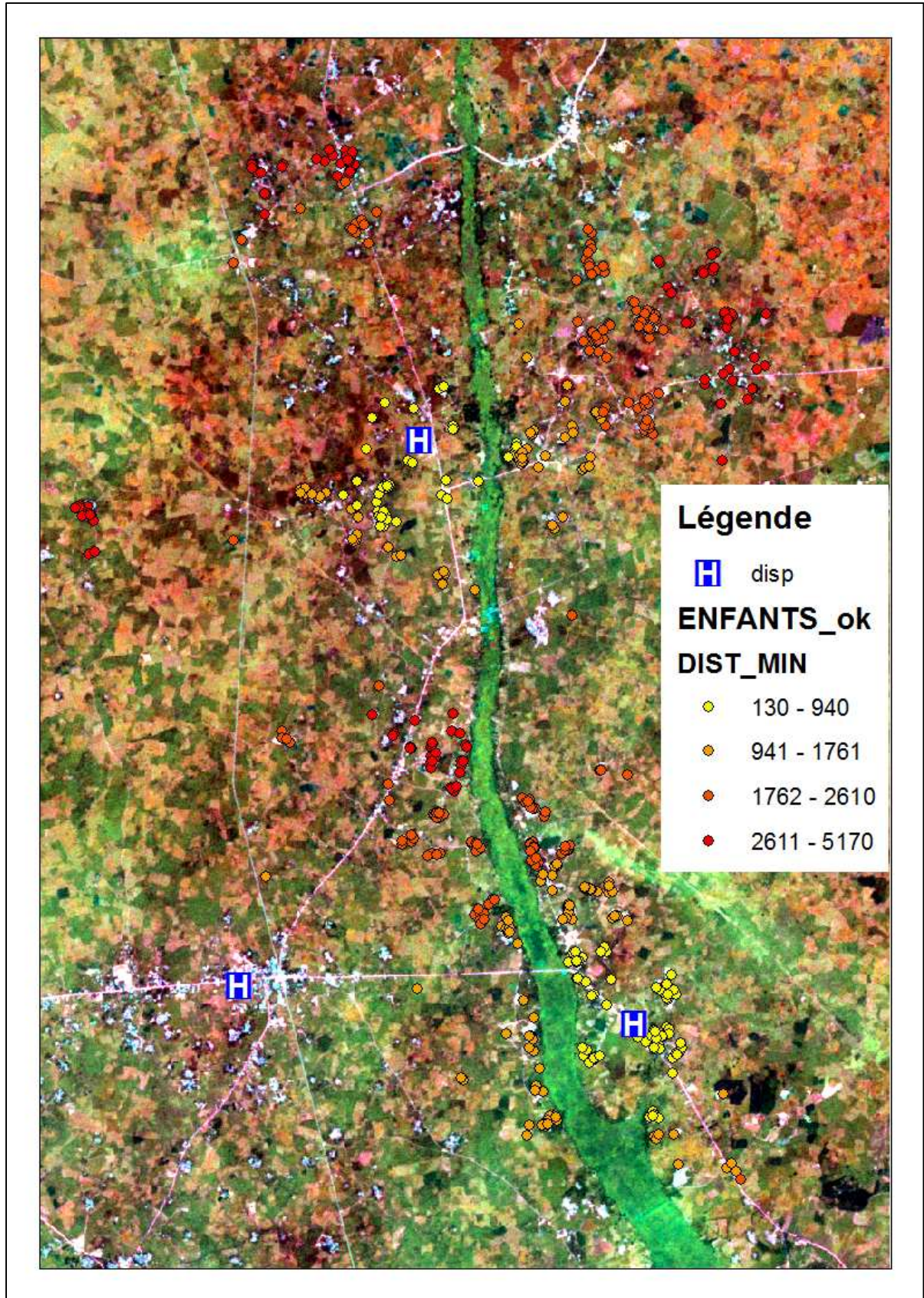


FIGURE 58 : DISTANCE (EN MÈTRES) DES FOYERS DES ENFANTS AUX TROIS DISPENSAIRES – SIG C. Pierrat, d'après l'image SPOT 5 citée p. 34

L'analyse de la distribution spatiale des cas de paludisme et des variables *a priori* associées met en évidence que la relation entre une abondance vectorielle – dont la mesure a beaucoup de limites – et un nombre élevé de cas est complexe. D'ailleurs, une autre enquête sur une zone plus étendue que Tori-Bossito, mais l'englobant, menée par les entomologistes de l'UR016, a constaté que dans leurs sites de capture, il y avait une très faible abondance vectorielle mais une incidence élevée du paludisme (Djèntonin et al 2010).

Le risque palustre doit donc se définir comme l'expression des cas de paludisme, et non uniquement comme la présence de vecteurs – en mettant de côté un déterminisme du milieu qui a bien trop souvent guidé les analyses sur le paludisme jusqu'à présent. S'il existe une forte incidence du paludisme associée à une abondance vectorielle, c'est que les conditions de la transmission existent aussi.

L'analyse spatiale par l'outil SIG a permis de mettre en évidence la variabilité spatiale de cette vulnérabilité et les causes socio-économiques et culturelles qui lui sont associées, et d'identifier des populations plus à risque sur des territoires bien définis (figure 59). Qu'est-ce que cela implique en matière de prévention, de communication, de politique sanitaire et d'éducation ? Cette question sera l'une de celles abordées dans la discussion qui suit.

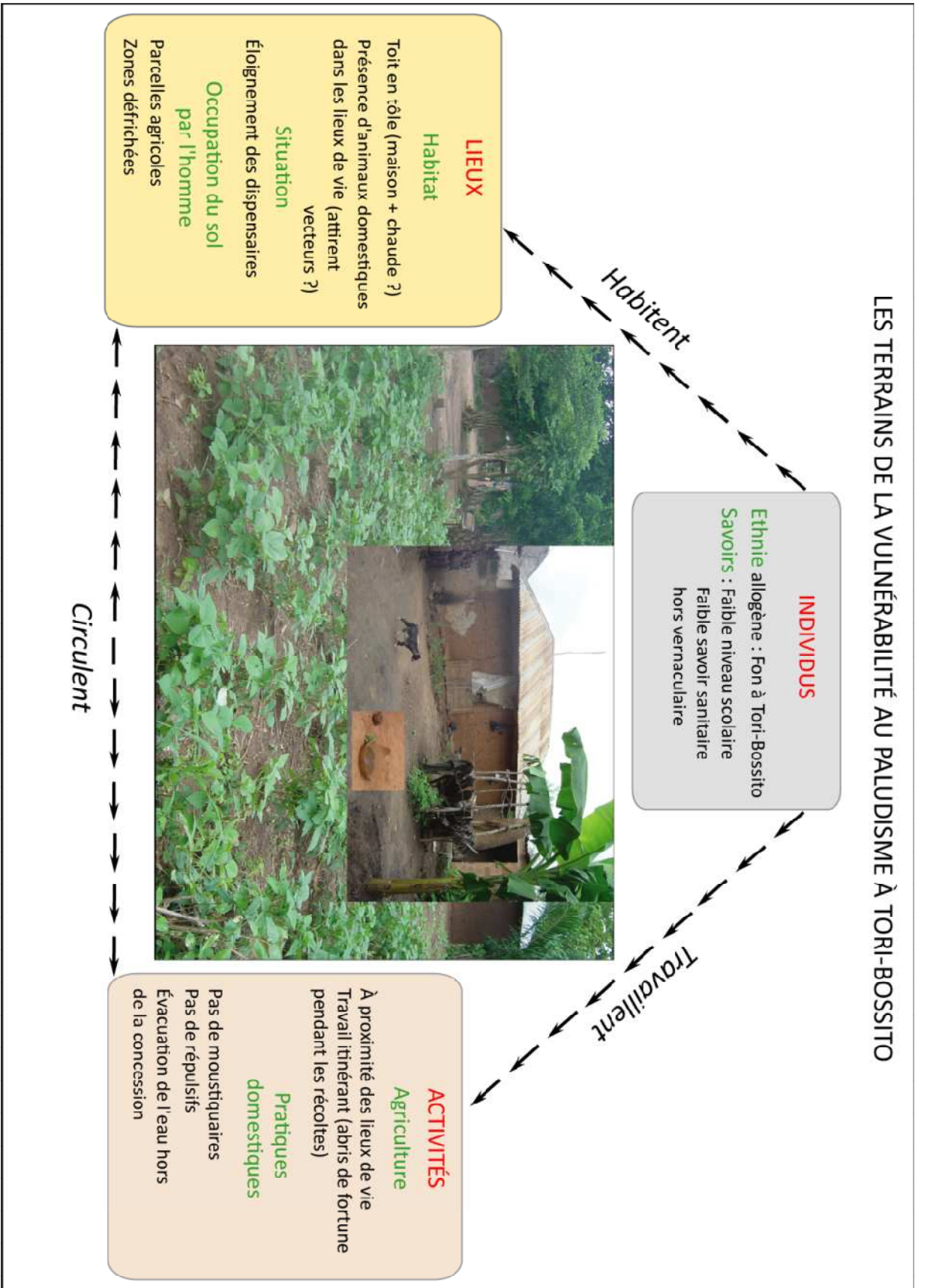


FIGURE 59 : SCHÉMA DE SYNTHÈSE DES FACTEURS DE VULNÉRABILITÉ IDENTIFIÉS À TORI-BOSSITO

3.3 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Concluons sur quelques points de questionnement et enjeux mis en lumière par ces résultats.

3.3.1 Le maillage des données et les échelles d'analyse

Dans une enquête pluridisciplinaire, la collecte des données par différentes équipes répond à des logiques différentes et plus ou moins inadaptées aux enjeux d'autres disciplines. Le maillage des points choisis pour les captures de moustiques n'a pas été régulier sur toute la zone, et n'a ainsi pas pu permettre une vraie analyse de proximité et des caractéristiques du milieu favorables aux anophèles. De même, les nouveau-nés suivis ont été choisis par le hasard des accouchements dans les dispensaires. On n'a donc pas de données régulièrement quadrillées sur le territoire pour les cas de paludisme. Il faudrait imaginer par la suite une étude à micro-échelle par des géographes choisissant les points de capture avec répartition méthodique dans les territoires (population + milieu, habitats, modes de vie...) selon la répartition des habitants.

Cependant, à l'échelle des territoires vécus des individus, cette question diminue d'importance puisque, en piochant des individus au hasard des villages, on parvient à voir des distributions spatiales significatives de facteurs socio-économiques.

La taille des échantillons d'analyse a aussi des conséquences sur les résultats : plus il y a de variables, plus il y a de dispersion. Cette caractéristique est normale dans les phénomènes complexes. D'où la question de l'échelle la mieux adaptée pour une enquête épidémiologique sur les déterminants environnementaux du paludisme.

3.3.2 D'autres indicateurs de l'exposition et de la transmission à intégrer

Nous avons pris comme marqueur de l'infection palustre le nombre de cas confirmés par TDR chez les nouveau-nés. On pourrait imaginer d'étudier aussi la répartition spatiale des anticorps spécifiques au paludisme chez les parents sur le même terrain. Il en existe deux types jouant sur deux niveaux différents. D'une part, les anticorps anti-salive de moustiques, encore à l'état de recherches quant à leur lien avec l'intensité de la transmission, qui

mesureraient un degré plus ou moins fort d'exposition aux vecteurs (plus un individu est exposé, plus il est piqué, plus son taux d'anticorps anti-salive de moustique est élevé). Il serait ainsi intéressant de voir si les zones les plus vulnérables identifiées correspondent à des endroits où les individus adultes ont les plus forts taux d'anticorps anti-salive. D'autre part, les anticorps anti-CSP, (*CircumSporozoïte Protein*) qui sont des marqueurs reconnus de la transmission (ils mesurent le taux d'anticorps spécifiques au parasite *Plasmodium*, donc une exposition aux piqûres *infectantes*). Nous avons vu que ces anticorps montraient des zones de fortes transmission identiques à celles obtenues en considérant les TDR positifs détectés. Il serait intéressant de confronter ces résultats avec une analyse des anticorps anti-salive de moustiques pour évaluer non seulement les lieux où il y a effectivement une plus grande densité anophélienne, et également les individus les plus exposés de par leurs pratiques, leurs activités, etc. Une analyse temporelle pourrait permettre d'évaluer les délais d'augmentation ou de diminution des anticorps après une saison des pluies et de déterminer s'il y a un facteur spatial en plus du facteur temporel.

L'utilisation fréquente de moustiquaires et de répulsifs est souvent associée à une présence importante de nuisances dues à des insectes, mais aussi à des araignées, lézards... Il faut donc faire attention à l'interprétation de données sur les pratiques de protection et garder à l'esprit qu'une utilisation systématique ou fréquente de moustiquaires peut tout à fait être corrélée à de forts taux de paludisme. Nous avons cependant observé à Tori-Bossito que les zones de moindre utilisation de la moustiquaire correspondaient aux cas les plus fréquents de paludisme.

3.3.3 Le suivi épidémiologique : questions statistiques, perdus de vue et refus du recours au soin

La particularité d'un suivi épidémiologique par inclusions progressives induit certaines conséquences qu'il faut expliciter.

- Le taux d'incidence de 4 cas pour 100 enfants-mois correspond à un chiffre calculé à l'aide d'un modèle de Cox. En épidémiologie, le modèle de Cox traditionnel a été construit pour chiffrer l'incidence de maladies mortelles ou des taux de mortalité. Or ici, il peut y avoir jusqu'à huit infections palustre successives pour un même

nouveau-né ; les épidémiologistes du programme vont donc travailler sur une amélioration du modèle de Cox pour prendre en compte ces événements récurrents.

- Enfin, il y a eu peu de perdus de vue dans cette étude (par rapport au standard des études épidémiologiques). Les 12 % environ de perdus de vue l'ont été suite à un décès, un déménagement, une sortie volontaire du programme... Sur ce dernier point, il serait ainsi pertinent que des géographes s'intéressent aux déterminants du non-recours au soin, dans un tel contexte où les soins étaient prodigués gratuitement pour les nouveau-nés et la fratrie, pour le paludisme comme pour les autres pathologies.

3.3.4 Les liens entre pauvreté et paludisme

On a mis en évidence le lien entre certains modes de vie, certains types d'habitat, et la vulnérabilité au paludisme. Il ne faut cependant pas confondre mode de vie rural, voire « spartiate », et pauvreté pécuniaire. Chez les Fon de Tori, le métier de cultivateur influe sur les modes d'habiter et les types d'occupation du sol à proximité des maisons. Mais ce ne sont pas forcément les plus pauvres de la commune. D'autres investigations seraient nécessaires chez les Fons et les habitants des villages de Gbetaga et Anavié pour déterminer avec plus de précisions leurs niveaux de revenus par rapport au niveau moyen des foyers de Tori-Bossito, et pour comprendre quelles pratiques domestiques liées ou non à la pauvreté entraînent davantage de vulnérabilité. Le terrain est ici encore une fois indispensable.

L'idée, admise depuis longtemps, que le paludisme est une maladie de la pauvreté, trouve avec ces résultats une occasion pertinente d'être à nouveau discutée. En effet, quand on parle de pauvreté et de paludisme, on veut parler ainsi des disparités nord-sud des vulnérabilités des populations non seulement au paludisme, mais aussi à d'autres maladies considérées comme « tropicales ». Or, on a montré ici, d'une part, que des différences de pauvreté existent au sein même de petits groupes sociaux dans un même village, qui pourtant, au premier abord, ont des habitudes et des conditions de vie très semblables. Au sein d'un même village en effet, les niveaux de vie ne sont pas très éloignés les uns des autres si on les compare à la moyenne africaine (salaire moyen d'un Béninois : 25 000 francs CFA – environ 40 euros). Mais on ne connaît pas encore bien le lien entre modes de vie à risque et niveaux revenus. Mais surtout, le paludisme est une maladie de la pauvreté aussi

car elle crée de la pauvreté. Des chiffres sont régulièrement avancés pour montrer l'importante part que consacrent les pays endémiques à la lutte antipaludique. Ils doivent prendre en charge les coûts directs (soins de l'individu et investissements publiques pour la prévention et le traitement de la maladie) et indirects (baisse de productivité ou de revenu, absentéisme, scolarisation...) qui en font un problème de santé publique majeur. La croissance économique annuelle des pays de forte transmission palustre a ainsi toujours été inférieure à celle des pays sans paludisme. Le déficit de croissance annuel pourrait atteindre dans certains pays un taux supérieur à 1 %. Le coût économique global du paludisme est estimé à 12 milliards de \$ par an pour l'Afrique seule. Dans un foyer atteint de paludisme, un quart environ des revenus est consacré à l'achat de médicaments. Et les revenus de ces foyers n'atteignent en général que 40 % des revenus des autres foyers (UNICEF 2009). D'ailleurs, la saison de transmission est celle des périodes de récolte. Or c'est dans les populations exerçant le métier d'agriculteur que l'on a noté la plus forte vulnérabilité. En plus des modes de vie liés à l'agriculture qui font que ces individus sont davantage vulnérables (déplacements, lieux de vie), ils le sont aussi économiquement car une crise de paludisme survenant au moment de la récolte compromet fortement celle-ci et assure un revenu moindre au foyer pour les mois qui suivent.

De telles observations posent forcément des questions sur les conséquences et les enjeux en matière de prévention, de communication sanitaire, etc.

3.3.5 Quelles conséquences en matière de prévention et de politiques publiques ?

L'observation de l'importance des modes de vie dans la vulnérabilité au paludisme permet non pas seulement de cibler les habitations / les foyers les plus à risque pour leur fournir un traitement adapté, mais surtout de mener des politiques de prévention globales sur tous les foyers de manière à diminuer les comportements à risque. Car la notion de zones à risque est mouvante : avec des déplacements de population, des changements économiques, politiques, d'occupation du sol, etc., de nouveaux territoires de risque peuvent se créer par des changements de comportement. D'où la nécessité de se concentrer sur les modes de vie pour la prévention et non pas seulement sur le vecteur, d'autant que le milieu biogéographique lui-même change perpétuellement : une zone infestée de moustiques peut se déplacer, etc.

D'ailleurs, pour d'autres maladies à vecteurs telles que la dengue ou le chikungunya, dans les brochures préventives de la DDASS distribuées à la population des DOM-TOM, l'accent est mis sur tous les objets pouvant retenir l'eau autour des maisons. Cette approche existe aussi pour le paludisme. Mais pour la dengue et le chikungunya, il est plus facile de faire changer les habitudes des populations car sont des maladies épidémiques. Le risque et donc les actions sont limités dans le temps et dans l'espace, et sont davantage « visibles ». Les messages touchent ainsi plus facilement des populations pour qui ce risque est nouveau. Le paludisme en revanche est une maladie chronique pour les populations en zone d'endémie. Ces populations sont habituées depuis toujours à ce risque souvent vu comme une fatalité. Les messages de santé publique sont ainsi extrêmement difficiles à mettre en œuvre sur le long terme. Au Bénin cependant, comme dans d'autres pays d'Afrique sub-saharienne, des ONG mettent en œuvre des projets de sensibilisation. La représentante de l'ONG Africare, Josette Vignon Makong, indique dans le documentaire « Les faucheurs de palu » (voir Annexe VI) produit en 2009 qu'un « *projet est financé à hauteur de 2,2 millions de dollars américains pour une durée de 4 ans. Les grandes lignes du budget couvrent l'approvisionnement en moustiquaires, en médicaments, les interventions et les informations, les suivis évaluations et bien sûr les ressources humaines et le matériel.* » (Desenne 2009). On peut entendre dans ce documentaire tourné entre autres dans la région de Tori-Bossito le chant de femmes d'un village réunies par l'ONG : « *Le paludisme, on le tue !* » « *Comment on va le tuer ? Ça dépend de nous !* » « *Il faut acheter des moustiquaires pour protéger nos enfants.* » Tout est basé sur un énorme travail de sensibilisation et de motivation, par exemple savoir pourquoi utiliser la moustiquaire compte plus que le simple fait d'en avoir une. Ce travail passe beaucoup par la gestuelle, répétée et répétée elle se transmet. C'est aussi une voie vers l'autonomie des villages, car les ONG ne seront pas toujours là, et la population doit prendre le relais pour continuer de diffuser ces messages de prévention.

L'implication de la population est en effet essentielle pour l'efficacité et la pérennité des programmes de lutte. L'histoire des tentatives d'éradication du paludisme au Mexique pendant la Guerre Froide montre bien les limites de politiques technocratiques, « verticales », qui n'ont pas su convaincre les chefs locaux des provinces, les médecins et les communautés. L'aide internationale à court terme a ainsi échoué. Le retour partiel de la maladie dans les années 1980 a entraîné une mauvaise image des actions sanitaires

internationales et le désengagement de la population (Cueto 2007). Cet exemple montre la nécessité de réfléchir et de collaborer, dès la conception de tels programmes, avec les acteurs de terrain, à toutes les échelles.

Tout comme la dengue et du chikungunya, maladies ré-émergentes, le paludisme, maladie ancienne, liée dans l'esprit commun aux zones tropicales mais surtout aux zones humides et marécageuses, pose forcément une autre question que celle du climat et du changement climatique si souvent incriminé. Une prévention axée sur les individus ou les groupes d'individus et leurs modes de vie devrait accroître l'efficacité des politiques, mais cela pose aussi des questions complexes sur l'acceptation sociale des mesures de prévention et les échelles d'action pour l'élaboration de politiques de prévention.

L'identification de territoires à risque à une échelle bien définie par le SIG impose de réfléchir à la compatibilité avec les échelles d'intervention des pouvoirs publics : sont-elles compatibles ? L'échelon principal en matière de santé publique au Bénin est le département (Zongo et al. 2009). Tori-Bossito se trouve dans le département de l'Atlantique. Un département possède plusieurs hôpitaux de zones à proximité des grandes villes (pour le département de l'Atlantique, il est à Ouidah), et un réseau de dispensaires disséminés dans les villages, c'est-à-dire les zones rurales. A Tori les habitants peuvent fréquenter trois dispensaires publics : Tori Gare, Tori Avame, et Tori Cada, selon l'endroit où ils habitent ou l'endroit où ils voyagent. Les habitants de Tori se trouvent au maximum à trois ou quatre kilomètres d'un de ces trois dispensaires, ils sont relativement faciles d'accès. En saison des pluies cependant, l'accès est toujours moins aisé (voire impossible pour Avame) car les routes sont impraticables. Ce serait donc l'échelon des dispensaires qui pourrait être adapté à la mise en œuvre de mesures de prévention et d'information. Mais le système de santé au Bénin est touché par un problème récurrent de grève des personnels infirmiers et des médecins, et les dispensaires ont très peu de moyens. Ce sont des structures vétustes, souvent en manque de fournitures (médicaments et matériel) et qui ne disposent souvent que d'un infirmier et d'une sage-femme. La mise en œuvre d'une politique de prévention efficace est donc subordonnée à une question de moyens, question récurrente pour les enjeux de santé publique dans les pays du sud.

La compatibilité entre échelles d'observation comprend aussi la question des déterminants de la vulnérabilité. La prévention sanitaire est une question individuelle, c'est-à-dire qu'il faut comprendre les déterminants de chaque personne, pour pouvoir ensuite faire des messages de prévention à l'échelle d'une population. Comprendre les déterminants sociaux du paludisme, c'est identifier les déterminants d'une prévention efficace en les replaçant à l'échelle d'une population ou d'un groupe d'individus. Nous avons vu la particularité territoriale des Fons avec un mode de vie particulier et utilisant peu les moyens de prévention. Comment cibler un message de santé publique en direction d'un groupe ethnique particulier ? En effet, la généralisation du message semble indispensable, étant donné la manière dont le cycle épidémiologique s'entretient. S'il n'y a aucun individu piqué pendant suffisamment longtemps, le cycle de la transmission s'arrête. Est-ce donc contre-productif de réfléchir en terme de « zones à risque » ? Faut-il revenir à une conception déterministe du paludisme, où l'on délivrerait un message généralisé à toutes les populations vivant en climat tropical et où le cycle épidémiologique est déjà implanté ? Mais qu'en est-il alors de la question de la réémergence du paludisme dans des zones qui étaient jusqu'à peu épargnées ?

3.3.6 Une réémergence du paludisme ?

La réémergence pourrait être définie ainsi (Rodhain 2000) : *« En fait, il s'agit parfois de l'apparition, par mutation, d'un germe réellement nouveau. Le plus souvent, l'agent infectieux existait déjà depuis longtemps, à notre insu, se tenant tapis dans l'environnement dans l'attente de conditions propices. Les enquêtes a posteriori démontrent parfois qu'il avait, dans le passé, provoqué quelques infections humaines. Les émergences ont toutes leur origine dans le monde animal. Finalement, toutes ces affections apparaissent comme opportunistes : des circonstances particulières leur ont permis de sortir de leurs réservoirs animaux pour franchir la barrière d'espèce. A un degré adaptatif de plus, nous arrivons au phénomène de la "domestication" de la maladie; tous les sujets sont alors exposés, quels que soient le sexe, l'âge, la classe sociale. »*. Rodhain définit quatre facteurs principaux de réémergence ou d'émergence : *« Au total, ces circonstances favorisantes résultent tout à la fois de l'évolution de agents pathogènes, de déséquilibres écologiques, de progrès technologiques et de changements comportementaux, ces quatre types de facteurs*

interagissant fortement entre eux. Certains germes variables génétiquement ont su profiter des occasions ainsi offertes et se sont rapidement trouvés sélectionnés s'ils s'avèrent mieux adaptés. ». La ré-émergence du paludisme doit en effet aussi beaucoup à l'action de l'homme sur le vecteur. Il y a un jeu évolutif qui se crée entre le vecteur et l'homme par des mécanismes de co-évolution, retours indésirables des campagnes d'éradication. L'augmentation des résistances s'explique en effet par la pression permanente aux insecticides (Djogbénu 2009). La réévaluation actuelle (2002) de l'intérêt du DDT pour le contrôle des vecteurs fait appel à une question centrale : quel est l'enjeu, pour les pays du sud essentiellement agricoles, d'une pollution des sols par le DDT au regard de celui d'un contrôle efficace de la population de vecteurs ? Le climat est-il ici un facteur déterminant ? En effet, le paludisme a été éradiqué dans les pays occidentaux au cours du XX^e grâce à des grands travaux d'aménagement du territoire, comme l'assèchement des marais. De tels aménagements sont limités par la quantité des précipitations, la faible urbanisation des zones rurales, et évidemment surtout le manque de moyens et plus généralement le faible niveau de développement des pays du sud. De plus, les insecticides comme le DDT n'ont pas eu la même efficacité selon le contexte épidémiologique et écologique. En effet, *Anopheles gambiae* par exemple se nourrit à la fois sur le bétail et sur l'homme, le stock de vecteurs peut donc se reconstituer beaucoup plus vite, et la méthode du DDT est inefficace. Les facteurs humains et économiques sont également essentiels, comme le précise Rodhain (Rodhain 2000) : « *Si, à n'en pas douter, les maladies émergentes se manifestent plus fréquemment dans les pays en développement qu'ailleurs, elles n'en sont pas pour autant l'apanage. Les pays industrialisés sont également exposés [la dengue aux États-Unis par exemple]. Mais les facteurs en cause diffèrent généralement dans l'un et l'autre cas et, surtout, les conséquences sur les populations ne sont pas comparables : les capacités de détection et de réaction sont beaucoup plus élevées dans les pays riches. Cette capacité de détection est directement liée à la sensibilité du système de surveillance sanitaire en place ; sa rapidité conditionne dans une large mesure la capacité de réaction.* » Il est ici fait référence notamment aux Systèmes d'Information Géographiques mis en place pour la surveillance des épidémies.

La lutte anti-vectorielle, actuellement, vise à interrompre durablement la transmission ou à réduire la population de vecteurs dans des proportions telles que la maladie ne soit plus un

problème de santé publique, ni un obstacle au développement socio-économique. Elle comprend plusieurs stades possibles : la lutte anti-larvaire, la lutte anti-adultes, et le contrôle des contacts hommes-vecteurs. La lutte anti-larvaire peut se faire par dispersion d'insecticides aux abords des habitations. Elle nécessite une participation communautaire des populations. Mais les *Anopheles gambiae*, principaux vecteurs du paludisme en Afrique sub-saharienne, peuvent se nicher dans de très petits volumes d'eau, ce qui rend la destruction chimique de ces gîtes quasi impossibles. L'éducation des populations à ne pas laisser de lieux d'accumulation d'eau aux abords des maisons est une mesure davantage réalisable. Dans le cas de la dengue, en Martinique, des brochures sont distribuées par la DDASS pour expliquer par exemple la nécessité de ne pas laisser de pots de fleurs sur les balcons – ici c'est dans un contexte urbain. La recrudescence des maladies transmises par des moustiques – dengue, paludisme, chikungunya (26 000 cas à la Réunion en 2006, deux millions de cas en Inde, 250 cas en Italie en 2007) – montre les limites de la lutte anti-vectorielle classique et la nécessité d'imaginer des politiques d'éducation à la santé ciblées sur des populations aux cultures différentes (Taglioni 2009; Taglioni & Dehecq 2009).

Mais pourquoi tempérer ce constat dans le cas du paludisme ? Comment peut-on définir le phénomène plus justement ?

La réémergence n'est pas seulement due à l'urbanisation. La meilleure preuve est l'exemple indochinois : le renvoi par les Khmers rouges des populations indochinoises non immunisées dans les montagnes où étaient présents les vecteurs a entraîné une véritable hécatombe. Ces populations n'étaient pas immunisées naturellement et n'étaient pas habituées à se protéger de ces vecteurs. L'enjeu est le même pour les populations africaines en ce début de XXI^e siècle. Le continent s'urbanise à grande vitesse : 60 % de la population est urbaine, et l'exode rural est croissant. L'arrivée de populations rurales dans les faubourgs des villes, amenant avec elles leurs modes de vie ruraux, couplée à l'implantation de plus en plus importante du paludisme en ville (Pages et al 2008), va accroître la nécessité de politiques de prévention ciblées et la surveillance des modes de vie évoluant avec les migrations.

CONCLUSION

L'analyse des territoires du paludisme à Tori-Bossito a montré que les facteurs biogéographiques, qui conditionnent la présence des anophèles vecteurs, expliquaient la variabilité temporelle du risque palustre. Les facteurs humains, d'ordre socio-économique et culturel, qui conditionnent la vulnérabilité au risque, en expliquent l'hétérogénéité spatiale. En d'autres termes, la réponse du milieu fonctionne pour l'existence de la maladie ; la réponse de la société, pour la territorialité du risque.

On ne connaît encore pas bien l'influence des éléments du milieu sur la densité anophélienne. On a cependant mis en évidence une vulnérabilité de lieux différente entre les villages étudiés les plus au nord – davantage agricole – et ceux du sud de la commune – occupée par une savane arbustive avec davantage d'îlots boisés que dans le nord. Si la télédétection, couplée à des observations de terrain, a permis de discriminer grossièrement ces formations végétales, elle reste néanmoins inadaptée à l'estimation de la densité anophélienne à fine échelle. D'autant que la présence de moustiques est connue à travers le seul filtre des captures. Le choix des sites de captures est en effet un facteur limitant à cette conclusion. N'aurait-il pas été plus pertinent de réaliser une typologie de l'habitat et d'ensuite effectuer les captures dans chaque type repéré ? Ce maillage devant aussi être cohérent avec celui des maisons des individus dont on mesure l'intensité de l'infection palustre. Car à très fine échelle, on a bien montré qu'un lien complexe existe entre densité anophélienne et intensité de la transmission.

On ne peut en effet parler de risque palustre que quand les vecteurs rencontrent une population ou des individus vulnérables. Si le nombre de moustiques est difficile à prévoir sur un lieu donné, on est néanmoins parvenu à identifier un profil socio-économique et culturel d'individus davantage vulnérables au risque palustre. On a vu dans cette étude que le paludisme est une maladie liée à certains modes de vie, qui créent en retour une pauvreté plus grande pour les foyers atteints de paludisme en raison des activités pratiquées, comme l'agriculture. En termes de risque palustre, on a donc mis en évidence une ségrégation spatiale, qui va de pair avec la ségrégation sociale et économique.

Présent jusqu'au XIX^e siècle en Europe, la paludisme en a été éradiqué parce que les conditions sociales et économiques des pays nouvellement industrialisés ont permis la mise en œuvre de grands projets d'aménagement du territoire destinés à combler les zones marécageuses, et l'accès des populations aux traitements. Aujourd'hui, la surveillance des abords des aéroports européens et l'administration systématique d'anti-paludiques chez les individus impaludés permet que le paludisme ne « reprenne » pas dans les pays du nord. Le climat est donc le facteur nécessaire mais non exclusif. L'existence de l'épidémie dépend également des modes de vie, des politiques d'accès aux soins d'un pays, et des politiques d'occupation du sol, conditionnées par la richesse et le niveau de développement. Les grandes ères de l'aménagement territorial en France sont allées de pair avec la croissance économique du début du XX^e siècle. Cela explique qu'il soit encore présent dans les pays du sud les plus pauvres, qui réunissent à la fois conditions climatiques et socio-économiques définissant la vulnérabilité. Le climat n'est donc pas une fatalité : des pays de la ceinture tropicale, comme Singapour, sont exempts de paludisme et font partie du groupe des pays riches et développés.

Cette constatation pose la question de la prévention comme l'enjeu majeur de l'endémie palustre ou des nouvelles zones d'épidémies. La démarche adoptée pour cette étude a permis d'abord de se rapprocher de l'échelle individuelle pour identifier les déterminants pertinents du risque. On s'est ensuite attaché au nécessaire ré-élargissement de l'échelle qui a permis une compréhension territorialisée du phénomène et la réflexion sur des actions de prévention réalisables. En effet, en milieu rural, les situations épidémiologiques et sociologiques sont généralement davantage dépendantes de l'environnement local – au sens de complexe pathogène – qu'en milieu urbain, où la constitution de territoires sociaux-sanitaires dus aux différences de niveau de vie est mieux connue. Mais on a bien mis en évidence à Tori-Bossito une territorialisation du risque qui fait écho à des conditions ethniques et socio-économiques diverses. La ségrégation spatiale liée à la vulnérabilité au paludisme est une question majeure à étudier pour tenter de comprendre et de juguler le paludisme urbain, grand enjeu à venir pour les pays en développement. Plus que de ré-émergence du paludisme, on peut donc parler de nouveaux territoires du paludisme qui sont en train de se dessiner.

BIBLIOGRAPHIE

Nous n'indiquons ici que les travaux qui sont explicitement appelés dans le texte.

- Association Nationale des Communes du Bénin 2008. *Tori-Bossito*. <http://www.ancb-benin.org/spip.php?article101>)
- Adam KO, Boko M, eds. 1983. *Le Bénin*. Paris : Sodimas/Edicef. 96 p.
- Ahlonso LS, Houndonougbo MD. 2005. Plan de développement de la commune de Tori-Bossito (2005-2009). 142 p. Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité et de la Décentralisation, Rép. du Bénin
- Akogbeto M, Chippaux JP, Coluzzi M. 1992a. Le paludisme urbain côtier à Cotonou (Bénin). Étude entomologique. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique* 40:233-9
- Akogbeto M, Modiano D, Bosman A. 1992b. Malaria transmission in the lagoon area of Cotonou, Benin. *Parassitologia* 34:147-54
- ARMA. 1998. *Vers un Atlas du risque de la malaria en Afrique. Premier rapport technique de la collaboration MARA/ARMA*. <http://www.mara.org.za/>
- Beck LR, Rodriguez MH, Dister SW, Rodriguez AD, Rejmankova E, et al. 1994. Remote Sensing as a Landscape Epidemiologic Tool to Identify Villages at High Risk for Malaria Transmission. *Am J Trop Med Hyg* 51:271-80
- Berge C. 1970. *Graphes et hypergraphes*. Paris : Dunod. 502 p.
- Boyd MF. 1949. *Malariology*. Philadelphia : WB. Saunders. 1643 p.
- Briët OJT, Vounatsou P, Amerasinghe PH. 2008. Malaria seasonality and rainfall seasonality in Sri Lanka are correlated in space. *Geospatial Health* 2:183-90
- Brooker S, Hay SI, Bundy DAP. 2002. Tools from ecology: useful for evaluating infection risk models ? *Trends in parasitology* 18:70-4
- Bruce-Chwatt L, J. 1980. *Essential Malariology*. London : William Heinemann Medical Books Ltd. 354 p.
- Cappelaere B, Vieux BE, Peugeot C, Maia A, Seguis L. 2003. Hydrologic process simulation of a semiarid, endoreic catchment in Sahelian West Niger. 2. Model calibration and uncertainty characterization. *Journal of Hydrology* 279:244-61
- Carnevale P, Robert V, Molez JF, Baudon D. 1984. Épidémiologie générale : faciès épidémiologiques des paludismes en Afrique sub-saharienne. *Études médicales* 3:123-33
- Carter R, Mendis K. 2006. Measuring malaria. *Am J Trop Med Hyg* 74:187-8
- Coffinet T, Rogier C, Pagès F. 2009. Évaluation de l'agressivité des anophèles et du risque de transmission du paludisme : méthodes utilisées dans les Armées françaises. *Revue de Médecine Tropicale* 69:109-22
- Cohen J, Ernst K, Lindblade K, Vulule J, John C, Wilson M. 2008. Topography-derived wetness indices are associated with household-level malaria risk in two communities in the western Kenyan highlands. *Malaria Journal* 7:40
- Coluzzi M. 1993. Advances in the study of Afrotropical malaria vectors. *Parassitologia* 35 Suppl:23-9
- Cox DR. 1972. Regression Models and Life-Tables. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* 34:187-220
- Cueto M. 2007. *Cold War, deadly fevers. Malaria eradication in Mexico. 1955-1975*. Baltimore : Johns Hopkins University Press
- Dale P, Knight J. 2008. Wetlands and mosquitoes: a review. *Wetlands Ecology and Management* 16:255-76
- David JP, Strode C, Vontas J, Nikou D, Vaughan A, et al. 2005. The *Anopheles gambiae* detoxification chip : a highly specific microarray to study metabolic-based insecticide resistance in malaria vectors. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102:4080-4
- Desenne P. 2009. Les faucheurs de palu. France : France 5 / Effervescence / Public Sénat

- Djènantin A, Bio-Bangana S, Moiroux N, Henry MC, Bousari OC, J., et al. 2010. Culicidae diversity, malaria transmission and insecticide resistance alleles in malaria vectors in Ouidah-Kpomasse-Tori district from Benin (West Africa) : A pre-intervention study. *Parasits & vectors* 3:83
- Djogbénu L. 2009. Lutte antivectorielle contre le paludisme et résistance des vecteurs aux insecticides en Afrique. *Revue de Médecine Tropicale* 69:160-4
- Djouaka R, Bakare A, Bankole H, Doannio JMC, Kossou H, Akogbeto M. 2007. Quantification of the efficiency of treatment of *Anopheles gambiae* breeding sites with petroleum products by local communities in areas of insecticide resistance in the Republic of Benin. *Malaria Journal* 6:56
- Dubos RJ. 1968. *Man, medicine and environment*. New York : Praeger. 125 p.
- Dubos RJ. 1980. *Man adapting*. Yale : Yale University Press. 538 p.
- Engle PL, Menon P, Haddad L. 1997. *Care and Nutrition - Concepts and measurement*. Washington, D.C : International Food Policy Research Institute. 50 p.
- Fillinger U, Sonye G, Killeen GF, Knols BGJ, Becker N. 2004. The practical importance of permanent and semipermanent habitats for controlling aquatic stages of *Anopheles gambiae* sensu lato mosquitoes : operational observations from a rural town in western Kenya. *Tropical Medicine & International Health* 9:1274-89
- Frémont A. 2008. *La région, espace vécu*. Paris : Flammarion, 1999
- Fu B, Chen L. 2000. Agricultural landscape spatial pattern analysis in the semi-arid hill area of the Loess Plateau, China. *Journal of Arid Environments* 44:291-303
- Grmek MD. 1994. *Les Maladies à l'aube de la civilisation occidentale*. Paris : Payot & Rivages. 534 p.
- Hippocrate, Jouanna J, Magdelaine C. 1999. *L'art de la médecine [Texte imprimé] : serment, ancienne médecine, art, airs, eaux, lieux, maladie sacrée, nature de l'homme, pronostic, aphorismes*. Paris : Garnier-Flammarion
- Kaba D, Dje NN, Courtin F, Oke E, Koffi M, et al. 2006. L'impact de la guerre sur l'évolution de la THA dans le centre-ouest de la cote d'ivoire. *Tropical Medicine and International Health* 11:136-43
- Kalluri S, Gilruth P, Rogers D, Szczur M. 2007. Surveillance of Arthropod Vector-Borne Infectious Diseases Using Remote Sensing Techniques: A Review. *PLoS Pathog* 3:e116
- Kebede A, McCann JC, Kiszewski AE, Ye-Ebiyo Y. 2005. New evidence of the effects of agro-ecologic change on malaria transmission. *Am J Trop Med Hyg* 73:676-80
- Konradsen F, Amerasinghe P, Van Der Hoek WIM, Amerasinghe F, Perera D, Piyaratne M. 2003. Strong association between house characteristics and malaria vectors. *Am J Trop Med Hyg* 68:177-81
- Le Hesran JY, Cot M, Personne P, Fievet N, Dubois B, et al. 1997. Maternal Placental Infection with *Plasmodium falciparum* and Malaria Morbidity during the First 2 Years of Life. *American Journal of Epidemiology* 146:826-31
- Le Lay M, Galle S. 2005. Variabilités interannuelle et intra-saisonnière des pluies aux échelles hydrologiques. La mousson ouest-africaine en climat soudanien. *Hydrological Sciences Journal* 50:1-524
- Linacre E, ed. 1991. *Climate and resources. A reference and a guide*. London : Routledge. 366 p.
- Mac Donald G, ed. 1957. *The epidemiology and control of malaria*. London : Oxford University Press. 201 p.
- MacCormack CP, Snow RW, Greenwood BM. 1989. Use of insecticide-impregnated bed nets in Gambian primary health care: economic aspects. *Bull. World Health Organisation* 67:209-14
- Machault V, Pages F, Rogier C. 2009. Apport de la télédétection à la lutte contre le paludisme. *Revue de Médecine Tropicale* 69:151-9
- Martens WJ, Niessen LW, Rotmans J, Jetten TH, McMichael AJ. 1995. Potential impact of global climate change on malaria risk. *Environmental health perspectives* 103:458-64
- Martin-Prevel Y. 2002. « Soins » et nutrition publique. *Cahiers Santé* 12:86-93
- Mathon V, Laurent H. 2001. Life cycle of the Sahelian mesoscale convective clouds systems. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 127:377-406
- Méda AH, Laveissière C, De Muynck A, Doua F, Diallo PB. 1993. Les facteurs de risques de la trypanosomiase humaine africaine dans les foyers endémiques de Côte d'Ivoire. *Médecine Tropicale* 53:83-92

- Menenti M, Azzali S, Verhoef W, van Swol R. 1993. Mapping agroecological zones and time lag in vegetation growth by means of fourier analysis of time series of NDVI images. *Advances in Space Research* 13:233-7
- Miller LH. 1994. Impact of malaria on genetic polymorphism and genetic diseases in Africans and African Americans. *Proc Natl Acad Sci U S A* 91:2415-9
- Mouchet J, Carnevale P, Coosemans M. 1993. Typologie du paludisme en Afrique. *Cahiers Santé* 3:220-38
- Mouchet J, Carnevale P, Coosemans M, Julvez J, Manguin S, et al. 2004. *Biodiversité du paludisme dans le monde*. John Libbey Eutotext. 428 p.
- Mutabingwa TK, Bolla MC, Li JL, Domingo GJ, Li X, et al. 2005. Maternal malaria and gravidity interact to modify infant susceptibility to malaria. *PLoS Med* 2:e407
- Mutuku FM, Bayoh MN, Gimnig JE, Vulule JM, Kamau L, et al. 2006. Pupal habitat productivity of *Anopheles Gambiae* complex mosquitoes in a rural village in Western Kenya. *Am J Trop Med Hyg* 74:54-61
- Pages F, Texier G, Pradines B, Gadiaga L, Machault V, et al. 2008. Malaria transmission in Dakar: A two-year survey. *Malaria Journal* 7:178
- Pilkington H. 2004. *Les lieux du paludisme; approche géographique des facteurs de confusion dans une enquête d'épidémiologie du paludisme (Dienga, Gabon)*. Université Paris I Panthéon-Sorbonne, Paris
- Reiter ME, LaPointe DA. 2007. Landscape factors influencing the spatial distribution and abundance of mosquito vector *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in a mixed residential-agricultural community in Hawai'i. *Journal of medical entomology* 44:861-8
- Rodhain F. 2000. *Émergences et ré-émergences des maladies infectieuses*. http://archives-fig-st-die.cndp.fr/actes/actes_2000/rodhain/article.htm
- Roubaud E. 1935. *Titres et Travaux scientifiques de M. Emile Roubaud, chef de service à l'Institut Pasteur*. Laval: Imprimerie Barnéoud
- Sautter G. 1973. Recherches en cours sur les villes d'Afrique noire, thèmes et problèmes, point de vue d'un géographe *Cahiers d'études africaines* 51:405-16
- Schwarz Norbert G, Adegnika Ayola A, Breitling Lutz P, Gabor J, Agnandji Selidji T, et al. 2008. Placental Malaria Increases Malaria Risk in the First 30 Months of Life. *Clinical Infectious Diseases* 47:1017-25
- Service M. 1993. *Mosquito ecology : Field sampling methods*. London : Chapman & Hall. 988 p.
- Sorre M. 1933. Complexes pathogènes et géographie médicale. *Annales de Géographie* 42:1-18
- Staedke SG, Nottingham EW, Cox J, Kanya MR, Rosenthal PJ, Dorsey G. 2003. Short report : proximity to mosquito breeding sites as a risk factor for clinical malaria episodes in an urban cohort of ugandan children *Am J Trop Med Hyg* 69:244-6
- Swellengrebel NH, de Buck A, Kraan H. 1938. Mechanism of malaria transmission in the province of North Holland. *J Hyg (Lond)* 38:62-74
- Taglioni F. 2009. Virus-sans-frontières : le chikungunya dans le sud-ouest de l'océan Indien. In *Moullé, F. Frontières et santé. Genèses et maillages des réseaux transfrontaliers*, p. 257-75. Paris : l'Harmattan
- Taglioni F, Dehecq JS. 2009. L'environnement socio-spatial comme facteur d'émergence des maladies infectieuses. In *EchoGeo*
- UNICEF. 2009. *Le paludisme, une crise mondiale*. http://www.unicef.org/french/media/media_20475.html
- Ye Y, Hoshen M, Louis V, Seraphin S, Traore I, Sauerborn R. 2006. Housing conditions and Plasmodium falciparum infection: protective effect of iron-sheet roofed houses. *Malaria Journal* 5:8
- Ye Y, Kyobutungi C, Louis V, Sauerborn R. 2007. Micro-epidemiology of Plasmodium falciparum malaria: Is there any difference in transmission risk between neighbouring villages ? *Malaria Journal* 6:46
- Youssouf I, Lawani M. 2002. Les sols béninois: classification dans la Base de référence mondiale. *Quatorzième Réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Abomey, Bénin, 9-13 octobre 2000* p. 38-9

ANNEXE I

PERSONNES AYANT PARTICIPÉ À L'ANR TORI-BOSSITO

Personnes ayant participé à l'ANR Tori-Bossito

* Encadrement de la thèse pour le volet environnemental : Martine Tabeaud, Université Paris I

- Équipe IRD franco-béninoise

* Direction du laboratoire UR010 (actuelle UMR 216) : Michel Cot

* Direction du programme ANR : André Garcia, Florence Migot-Nabias

* Bio-statisticien : Gilles Cottrell

* Doctorants : Agnès le Port, Célia Dechavanne, Smaïla Ouedraogo

* Stagiaire de M2 : Maguy Daures

* Les internes en Santé Publique qui se sont relayé tous les six mois sur le terrain :

Julie Bouscaillou, Isabelle Choudat, José Guerra, Antoine Rachas

* Ingénieur bio-médical : Aziz Bouraïma

* Logistique : Patrick Pomalegni, Sophie Atiogbe, Marcelin Ayavi

- Collaborateurs béninois sur le terrain :

* L'équipe des enquêteurs étudiants en Géographie : Jean-Philippe Dognon, Charles Hounton, Sabine Dako, Gisèle Toni et Arnaud Dodonou

* Les infirmiers : Stéphane Gehou, Edgar Godonou, Pierre Adanchoedo, Sylvestre Zehoukpe

* Les relais communautaires de Dohinoko, Cada Centre, Zoungoudo, Zebe, Anavie, Gbetaga, Houngo, Avame et Gbedjougo.

* Les responsables des pluviomètres

* Les sages-femmes des dispensaires d'Avame, Tori Cada et Tori Gare

* Les biologistes du laboratoire de Tori-Bossito : Rodolphe Ladekpo, Julien Noukpo, Désiré Bonou, Claude Ahouangninou, Franck Loumedjinon, Messanh Daoudou

Étude en collaboration avec :

Institut de Recherche pour le Développement (IRD, UR 010)

Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP)

Institut des Sciences Biomédicales Appliquées (ISBA)

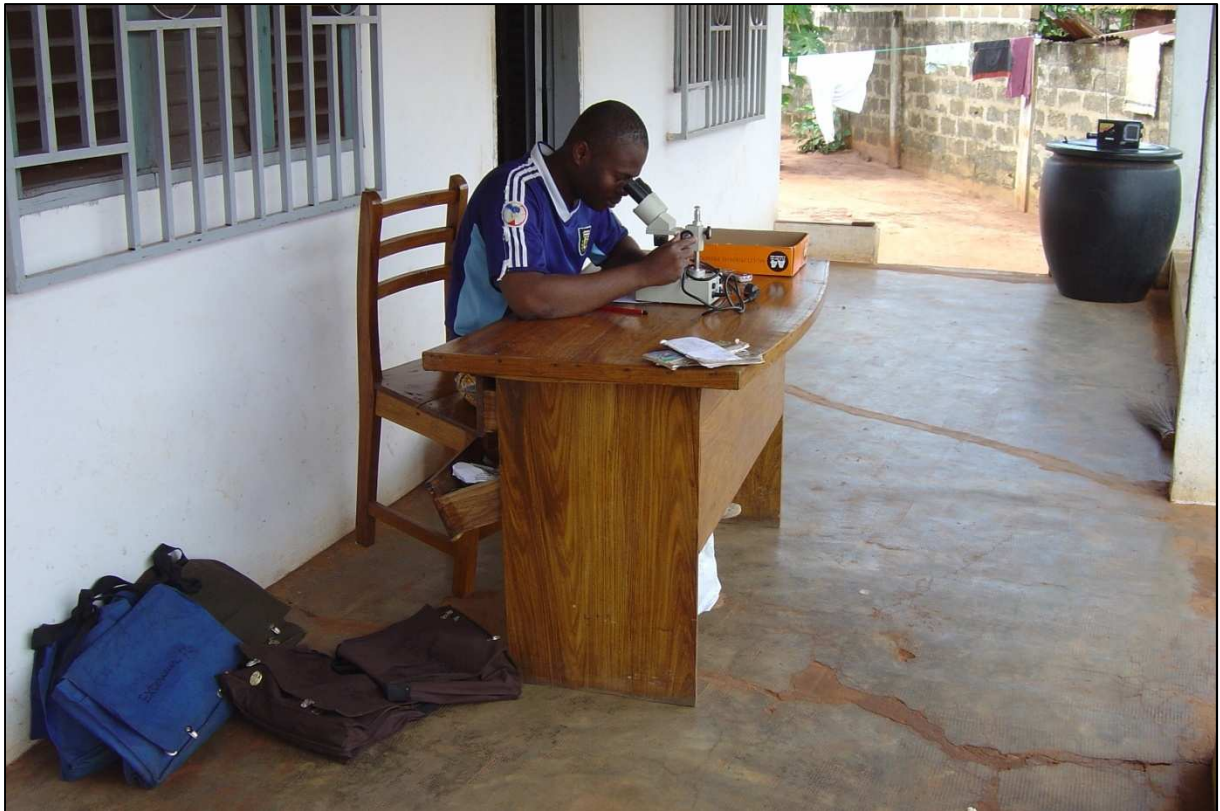
Faculté des Sciences de la Santé (FSS)



Une partie de l'équipe dans les locaux de l'ISBA à Cotonou - © C. Pierrat, 2008



Arrivée du matériel pour l'étude à l'ISBA à Cotonou - © C. Pierrat, 2008



*Observation au microscope par Aziz Bouraïma des anophèles récoltés pendant la nuit –
Maison des infirmiers de Tori-Bossito - © C. Pierrat, 2008*



Une difficile ambiance de travail... Bureau des internes à l'ISBA - © C. Pierrat, 2008



L'équipe des enquêteurs béninois - © C. Pierrat, 2008



ANNEXE II
ENQUÊTE DHS – BÉNIN 2006

Enquête DHS – Bénin 2006

Chapitre 10 : Paludisme

PALUDISME

10

Bruno Djagba
Jacques Hassan
Fatahi Chitou

Le paludisme est la maladie parasitaire la plus répandue dans le monde. Il est dû à un protozoaire du genre *Plasmodium* transmis à l'homme par la piqûre d'un moustique femelle du genre Anophèle. Le paludisme constitue un risque majeur pour plus de deux milliards d'êtres humains. L'Afrique subsaharienne qui ne compte que 8 % de la population mondiale fournit 85 % à 90 % des cas de paludisme (200 à 280 millions de cas dont 90 % dus à *plasmodium falciparum*). Les enfants de moins de cinq ans, payent le plus lourd tribut à cette maladie.

Au Bénin, selon l'annuaire des statistiques sanitaires 2005 publié par le Ministère de la Santé, le paludisme demeure l'endémie majeure et la première cause de morbidité et de mortalité dans les groupes les plus vulnérables, à savoir les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes. Malgré les progrès accomplis dans le domaine de la prévention et du traitement, les statistiques sanitaires nationales révèlent que le paludisme se situe toujours au 1^{er} rang des affections et représente 36 % des motifs de recours aux soins dans les formations sanitaires dans la population générale et 41 % chez les enfants de moins de 5 ans. Le paludisme constitue également la première cause d'hospitalisation tant pour la population générale que pour les enfants de moins de 5 ans, avec respectivement 18 % et 29 % des causes d'hospitalisation. Le paludisme constitue donc un problème majeur de santé publique au Bénin. En plus des pertes en vies humaines, le paludisme coûte cher en dépenses de santé publique. Le paludisme constitue aussi un facteur d'aggravation de la pauvreté, une cause d'inégalité et un frein au développement.

On considère qu'il y a deux grands faciès épidémiologiques du paludisme au Bénin : au sud, un paludisme côtier lagunaire avec transmission continue intense et au nord une transmission saisonnière intermittente de type faciès tropical.

L'engagement du Ministère de la Santé à lutter contre cette maladie s'est traduit par la mise en œuvre en 2004 d'un Programme National de Lutte contre le Paludisme dont l'objectif est de réduire (d'au moins 50 % par rapport à 2001) la morbidité et la mortalité imputables au paludisme d'ici 2010. Au nombre des stratégies retenues, on compte l'introduction des combinaisons thérapeutiques à Base d'Artémisinine (ACT), dont le COARTEM, pour le traitement du paludisme simple. La quinine est recommandée pour le traitement du paludisme grave. De plus, outre l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticide, les responsables prônent l'adoption du Traitement Préventif Intermittent à la Sulfadoxine Pyriméthamine chez la femme enceinte.

Les conclusions du 1^{er} rapport mondial sur le paludisme de l'OMS, de l'Unicef et de tous les partenaires du projet « Faire Reculer le paludisme » qui ont été rendues publiques en mai 2005, ont mis en évidence les progrès réalisés depuis l'an 2000 en matière de traitement et de prévention du paludisme. Cependant, le paludisme reste un problème d'ampleur mondiale et les programmes pour la généralisation de l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticide (MII) et d'introduction de combinaisons thérapeutiques à base d'artémisinine (CTA) doivent être poursuivis pour réduire la morbi-mortalité liée à cette maladie. C'est pour cette raison qu'au cours de cette troisième enquête démographique et de santé, il s'est avéré important de collecter des données concernant les moyens de protection contre le paludisme utilisés par la population béninoise.

10.1 DISPONIBILITÉ DE MOUSTIQUAIRES DANS LES MÉNAGES

La prophylaxie (prévention) du paludisme repose sur deux types de mesures, la prise préventive de certains médicaments et un ensemble de précautions visant à limiter les risques d'infections. La moustiquaire imprégnée d'insecticide reste l'un des moyens de prévention les plus efficaces. La lutte antivectorielle, basée sur l'utilisation à grande échelle de moustiquaires imprégnées, est actuellement une composante principale du Programme National de Lutte contre le Paludisme au Bénin. Les données collectées au cours de l'EDSB-III ont permis d'évaluer les proportions de ménages disposant d'une moustiquaire, traitée ou non, de ceux disposant d'une moustiquaire imprégnée et de ceux disposant d'une moustiquaire imprégnée d'insecticide (MII). Les définitions concernant ces différents types de moustiquaires figurent au bas du tableau 10.1. On constate en premier lieu au tableau 10.1 et au graphique 10.1 que plus d'un ménage béninois sur deux possède au moins une moustiquaire, qu'elle ait été traitée ou non (56 %). Ce sont les ménages qui résident à Cotonou (80 %) et dans les zones urbaines (66 %), dans ceux du département de l'Ouémé (67 %) et ceux des deux quintiles les plus riches (63 % et 81 %) qui possèdent le plus fréquemment au moins une moustiquaire. Par contre, dans les ménages du milieu rural (50 %), dans ceux des départements du Plateau, du Couffo et du Zou (respectivement, 39 %, 40 % et 46 %) et dans ceux des deux quintiles les plus pauvres (36 % et 45 %), cette proportion est plus faible (graphique 10.1). En outre, 29 % des ménages possèdent plus d'une moustiquaire, mais le nombre moyen de moustiquaires par ménage s'établit à 1,0.

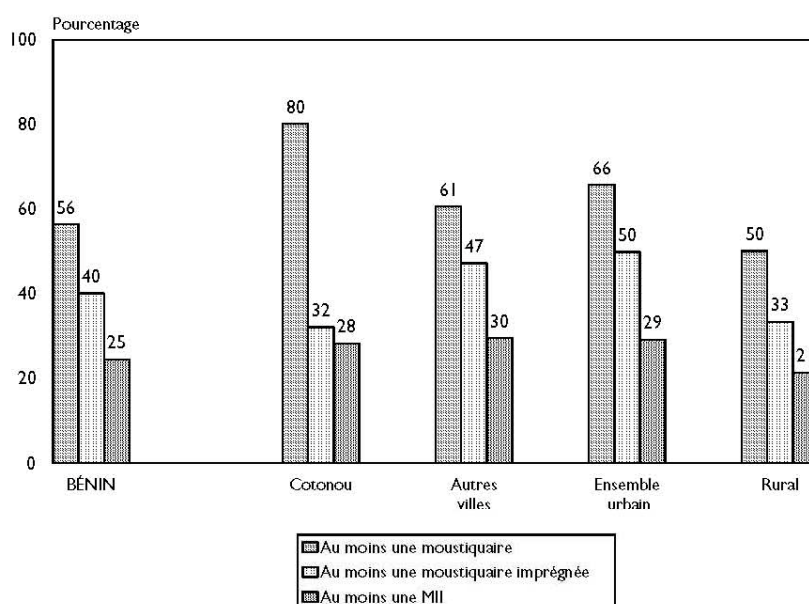
Tableau 10.1 Possession de moustiquaires

Pourcentage de ménages qui possèdent au moins une moustiquaire et pourcentage de ceux qui en possèdent plus d'une (imprégnée ou non); pourcentage de ménages qui possèdent au moins une moustiquaire ayant été imprégnée et pourcentage de ceux qui en possèdent plus d'une; pourcentage possédant au moins une Moustiquaire Imprégnée d'Insecticide (MII) et pourcentage en possédant plus d'une; et nombre moyen de moustiquaires par ménage, selon certaines caractéristiques sociodémographiques, Bénin 2006

Caractéristique sociodémographique	N'importe quel type de moustiquaire			Moustiquaire qui a été imprégnée ¹			Moustiquaire Imprégnée d'Insecticide (MII) ²			Effectif de ménages
	Pourcentage en ayant au moins une	Pourcentage en ayant plus d'une	Nombre moyen de moustiquaires par ménage	Pourcentage en ayant au moins une	Pourcentage en ayant plus d'une	Nombre moyen de moustiquaires imprégnées par ménage	Pourcentage en ayant au moins une	Pourcentage en ayant plus d'une	Nombre moyen de MII par ménage	
Milieu de résidence										
Cotonou	80,2	47,9	1,6	57,3	32,1	1,1	28,3	14,3	0,5	1 887
Autres Villes	60,6	31,4	1,1	47,2	23,8	0,8	29,5	13,4	0,5	5 180
Ensemble urbain	65,8	35,8	1,2	49,9	26,0	0,9	29,2	13,6	0,5	7 067
Rural	50,1	23,8	0,8	33,4	14,1	0,5	21,4	8,1	0,3	10 444
Département										
Alibori	58,5	34,0	1,1	18,8	8,5	0,3	7,8	2,8	0,1	1 016
Atacora	50,5	28,0	1,0	40,6	22,0	0,8	26,2	12,5	0,4	1 047
Atlantique	56,4	26,4	1,0	26,0	10,7	0,4	13,5	4,8	0,2	2 306
Borgou	56,5	29,9	1,0	38,8	20,3	0,7	20,0	8,9	0,3	1 416
Collines	54,1	25,1	0,9	46,2	20,2	0,7	30,2	13,0	0,5	1 411
Couffo	40,0	17,7	0,7	35,7	15,7	0,6	29,0	11,6	0,4	1 266
Donga	55,8	32,6	1,1	49,1	28,5	0,9	30,1	14,5	0,5	604
Littoral	80,2	47,9	1,6	57,3	32,1	1,1	28,3	14,3	0,5	1 887
Mono	55,3	29,0	1,0	39,7	20,2	0,7	24,7	11,1	0,4	1 072
Ouémé	67,0	34,8	1,2	50,5	23,6	0,9	33,9	14,5	0,5	2 312
Plateau	38,7	14,1	0,6	33,0	11,8	0,5	21,5	7,7	0,3	1 032
Zou	46,4	18,9	0,7	38,9	14,8	0,6	26,7	8,8	0,4	2 142
Quintile du bien-être économique										
Le plus pauvre	35,8	14,3	0,5	19,0	7,1	0,3	11,2	3,6	0,2	3 473
Second	45,3	20,2	0,7	28,2	10,4	0,4	16,8	5,8	0,2	3 385
Moyen	54,6	25,4	0,9	37,9	15,4	0,6	24,2	8,9	0,4	3 375
Quatrième	63,3	29,5	1,1	47,2	19,6	0,7	30,5	11,2	0,5	3 619
Le plus riche	81,1	52,1	1,7	66,0	40,6	1,3	38,8	21,2	0,7	3 660
Ensemble	56,4	28,6	1,0	40,1	18,9	0,7	24,5	10,3	0,4	17 511

¹ Une moustiquaire qui a été imprégnée est une moustiquaire initialement traitée ou une moustiquaire non initialement traitée et qui a été imprégnée d'insecticide par la suite à n'importe quel moment.

² Une moustiquaire imprégnée d'insecticide (MII) est, soit 1) une moustiquaire imprégnée par le fabricant qui ne nécessite pas de traitement supplémentaire, soit 2) une moustiquaire imprégnée obtenue dans les 12 derniers mois, soit 3) une moustiquaire qui a été imprégnée d'insecticide dans les 12 derniers mois.

Graphique 10.1 Possession de moustiquaires par les ménages

EDSB-III 2006

En ce qui concerne les moustiquaires imprégnées, les résultats montrent que 40 % des ménages en possèdent au moins une. À Cotonou (57 %), dans le milieu urbain (50 %), dans les départements de l'Ouémé, de la Donga et des Collines (respectivement, 51 %, 49 % et 46 %) et parmi les ménages des deux quintiles les plus riches (47 % et 66 %), cette proportion est plus élevée que la moyenne nationale. Le nombre moyen de moustiquaires imprégnées par ménage est de 0,7. Les résultats montrent également que 25 % des ménages possèdent, au moins, une MII. Cependant, parmi ceux des deux quintiles les plus riches, ces proportions sont respectivement de 31 % et 39 %. Le nombre moyen de MII par ménage est de 0,4. On constate en général que la disponibilité des moustiquaires quelconques dans les ménages a augmenté au cours des cinq années qui ont séparé les deux enquêtes passant de 40 % en 2001 à 56 % en 2006. Cette augmentation a concerné tous les départements, le milieu urbain comme le milieu rural.

10.2 UTILISATION DES MOUSTIQUAIRES PAR LES ENFANTS ET PAR LES FEMMES ENCEINTES

Aux ménages ayant déclaré posséder une moustiquaire, on a demandé qui avait dormi sous cette moustiquaire la nuit ayant précédé l'enquête. Les résultats sont présentés pour l'ensemble des femmes et pour deux groupes de population particulièrement vulnérables au paludisme : les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes.

Le tableau 10.2 présente les résultats concernant les enfants de moins de cinq ans. Moins de la moitié des enfants (47 %) avaient dormi sous une moustiquaire la nuit ayant précédé l'enquête. Les résultats selon l'âge montrent que ce sont les enfants les plus âgés, c'est-à-dire ceux de 3 et 4 ans, qui avaient dormi le moins fréquemment sous une moustiquaire (respectivement 42 % et 41 %). À l'opposé, parmi les enfants de moins d'un an, cette proportion est de 53 %. On constate que la proportion de garçons ayant dormi sous une moustiquaire est quasiment similaire à celle des filles (47 % contre 46 %). Les résultats selon le milieu de résidence font apparaître un écart important entre Cotonou et le reste du pays, puisque dans la capitale économique, 82 % des enfants de moins de cinq ans avaient dormi sous une moustiquaire la nuit ayant précédé l'enquête contre 49 % dans les Autres Villes et 42 % en rural. Dans les

départements, on constate également des écarts, la proportion d'enfants ayant dormi sous une moustiquaire variant, en dehors du Littoral, d'un maximum de 57 % dans l'Ouémé et de 55 % dans l'Atlantique à un minimum de 33 % dans l'Atacora et le Plateau. Les résultats sont également présentés en fonction du quintile du bien-être du ménage et ils montrent que ce sont les enfants qui vivent dans un ménage des deux quintiles les plus riches qui avaient dormi le plus fréquemment sous une moustiquaire la nuit ayant précédé l'enquête (53 % dans le quatrième quintile et 72 % dans le quintile le plus riche). D'autre part, on constate que les proportions d'enfants ayant dormi sous une moustiquaire imprégnée et sous une MII sont respectivement de 33 % et de 20 %. C'est encore dans les deux quintiles les plus riches que l'on constate les proportions les plus élevées (respectivement 40 % et 59 % pour la moustiquaire imprégnée, et 26 % et 34 % pour la MII). Il faut souligner qu'à Cotonou, 58 % des enfants de moins de cinq ans avaient dormi sous une moustiquaire imprégnée au cours de la nuit ayant précédé l'enquête alors que dans le département de l'Alibori, cette proportion n'est que de 12 %.

Tableau 10.2 Utilisation des moustiquaires par les enfants

Pourcentage d'enfants de moins de cinq ans qui ont dormi sous une moustiquaire (imprégnée ou non), pourcentage qui ont dormi sous une moustiquaire ayant été imprégnée et pourcentage ayant dormi sous une Moustiquaire Imprégnée d'insecticide (MII) la nuit ayant précédé l'enquête, selon certaines caractéristiques sociodémographiques, Bénin 2006

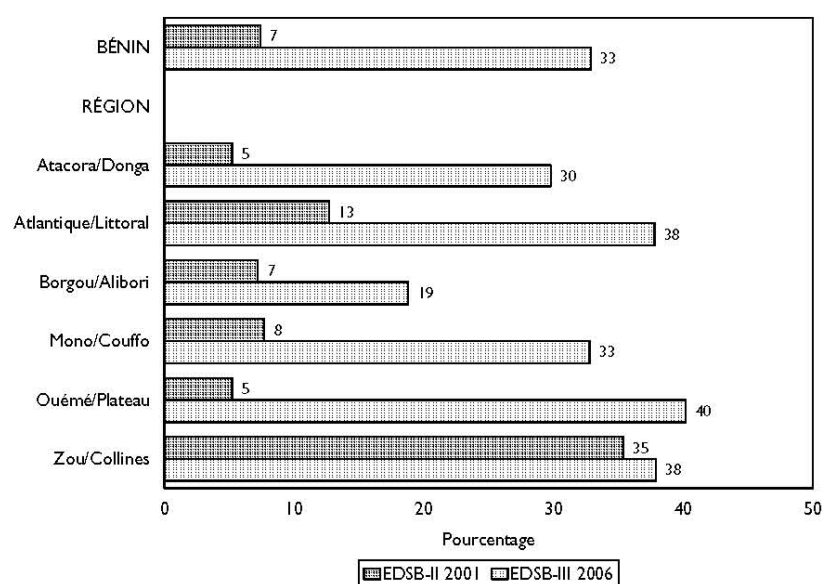
Caractéristique sociodémographique	Pourcentage ayant dormi sous une moustiquaire la nuit précédant l'enquête	Pourcentage ayant dormi sous une moustiquaire imprégnée la nuit précédant l'enquête ¹	Pourcentage ayant dormi sous une MII la nuit précédant l'enquête ²	Effectif d'enfants
Âge				
<1	52,7	38,6	26,4	3 450
1	51,4	37,0	21,6	3 192
2	45,6	32,2	18,7	2 965
3	41,5	27,8	16,8	3 356
4	40,5	28,3	16,3	2 978
Sexe				
Masculin	46,5	33,3	20,4	8 028
Féminin	46,4	32,4	19,8	7 913
Milieu de résidence				
Cotonou	81,9	58,1	29,3	1 065
Autres Villes	49,1	39,0	23,8	4 453
Ensemble urbain	55,4	42,7	24,9	5 518
Rural	41,7	27,7	17,6	10 423
Département				
Alibori	41,8	12,4	4,7	1 470
Atacora	32,9	25,8	14,0	1 210
Atlantique	55,4	25,5	12,9	1 751
Borgou	36,1	24,4	12,6	1 658
Collines	43,4	38,1	24,2	1 138
Couffo	34,4	31,7	26,3	1 334
Donga	39,3	37,0	20,3	688
Littoral	81,9	58,1	29,3	1 065
Mono	49,2	34,4	21,7	919
Ouémé	56,6	44,0	30,6	2 115
Plateau	32,8	30,5	19,5	841
Zou	46,0	37,8	25,4	1 751
Quintile du bien-être économique				
Le plus pauvre	30,3	16,1	9,3	3 549
Second	37,8	24,5	15,0	3 279
Moyen	45,1	31,4	19,9	3 280
Quatrième	53,3	39,8	26,0	3 158
Le plus riche	72,1	59,0	33,9	2 676
Ensemble	46,5	32,9	20,1	15 941

¹ Une moustiquaire qui a été imprégnée est une moustiquaire initialement traitée ou une moustiquaire non initialement traitée et qui a été imprégnée d'insecticide par la suite à n'importe quel moment.

² Une moustiquaire imprégnée d'insecticide (MII) est, soit 1) une moustiquaire imprégnée industriellement qui ne nécessite pas de traitement supplémentaire, soit 2) une moustiquaire imprégnée obtenue dans les 12 derniers mois, soit 3) une moustiquaire qui a été imprégnée d'insecticide dans les 12 derniers mois.

La comparaison des résultats avec ceux de la précédente enquête réalisée en 2001 fait apparaître une augmentation de la proportion d'enfants ayant dormi sous une moustiquaire quelconque la nuit ayant précédé l'enquête. Globalement, cette proportion est passée de 32 % à 47 %. En ce qui concerne une moustiquaire imprégnée, l'augmentation est plus importante puisque entre les deux dates, la proportion est passée de 7 % à 33 %. En outre, on constate une augmentation dans toutes les régions (graphique 10.2).

Graphique 10.2 Utilisation des moustiquaires imprégnées par les enfants



Le tableau 10.3 présente les mêmes résultats pour l'ensemble des femmes de 15-49 ans et pour les femmes enceintes. On constate que 45 % des femmes avaient dormi sous une moustiquaire la nuit ayant précédé l'enquête. Cette proportion varie selon les caractéristiques des femmes. En effet, en milieu urbain, elle est de 52 % contre 39 % en milieu rural. Dans les départements, c'est dans le Littoral qu'elle est la plus élevée (72 %), suivi de l'Atlantique (51 %), de l'Ouémé (48 %) et du Mono (47 %). Les plus faibles proportions sont observées dans le Couffo et le Plateau (26 % et 28 %). De même, le niveau d'instruction fait apparaître des écarts de niveau d'utilisation, la proportion variant d'un minimum de 41 % parmi les femmes sans instruction à un maximum de 55 % parmi celles ayant atteint, au moins, un niveau secondaire 2nd cycle. Les résultats selon les quintiles du bien-être économique mettent en évidence un écart important entre le quintile le plus pauvre et le plus riche : 29 % des femmes des ménages les plus pauvres avaient utilisé une moustiquaire contre 62 % dans les ménages les plus riches. La comparaison avec les données de l'enquête précédente met en évidence, ici aussi, une augmentation de l'utilisation de moustiquaires par les femmes, la proportion étant passée de 33 % en 2001 à 45 % en 2006. En ce qui concerne l'utilisation de moustiquaires imprégnées par les femmes, on constate qu'au niveau global, la proportion est de 31 %. Cependant, en milieu urbain (40 %), à Cotonou (51 %), parmi les femmes les plus instruites (43 %) et parmi celles vivant dans un ménage du quintile le plus riche (50 %), cette proportion est plus élevée que la moyenne. En ce qui concerne l'utilisation d'une MII la nuit ayant précédé l'enquête, la proportion est nettement plus faible (19 %) mais c'est toujours parmi les même catégories de femmes que l'utilisation a été le plus importante.

Tableau 10.3 Utilisation des moustiquaires par les femmes et les femmes enceintes

Pourcentage de toutes les femmes et des femmes enceintes de 15-49 ans qui ont dormi sous une moustiquaire (imprégnée ou non), pourcentage qui ont dormi sous une moustiquaire ayant été imprégnée et pourcentage qui ont dormi sous une Moustiquaire Imprégnée d'Insecticide (MII) la nuit ayant précédé l'enquête, selon certaines caractéristiques sociodémographiques, Bénin 2006

Caractéristique sociodémographique	Pourcentage de femmes de 15-49 ans				Pourcentage de femmes enceintes de 15-49 ans			
	Ayant dormi sous une moustiquaire la nuit précédant l'enquête	Ayant dormi sous une moustiquaire imprégnée la nuit précédant l'enquête ¹	Ayant dormi sous une MII la nuit précédant l'enquête ²	Effectif de femmes	Ayant dormi sous une moustiquaire la nuit précédant l'enquête	Ayant dormi sous une moustiquaire imprégnée la nuit précédant l'enquête ¹	Ayant dormi sous une MII la nuit précédant l'enquête ²	Effectif de femmes
Milieu de résidence								
Cotonou	71,8	50,6	23,6	1 979	75,4	56,4	22,7	122
Autres Villes	45,8	36,1	22,2	5 858	50,2	38,7	26,0	542
Ensemble urbain	52,4	39,8	22,5	7 838	54,8	41,9	25,4	664
Rural	39,0	25,1	16,1	11 101	41,6	26,1	16,7	1 298
Département								
Alibori	45,1	13,1	4,9	1 369	52,8	16,7	6,7	192
Atacora	35,1	28,3	16,9	1 217	42,7	34,8	20,2	122
Atlantique	50,6	23,1	12,6	2 158	54,1	22,3	10,9	235
Borgou	41,9	29,4	14,1	1 638	41,0	28,9	17,6	193
Collines	41,8	35,7	24,1	1 353	40,7	35,5	25,9	152
Couffo	25,8	23,3	19,5	1 565	28,6	26,4	21,7	187
Donga	39,4	36,0	21,3	708	35,7	32,3	17,0	71
Littoral	71,8	50,6	23,6	1 979	75,4	56,4	22,7	122
Mono	47,4	33,4	20,2	1 135	53,6	36,5	21,5	108
Ouémé	48,2	36,0	24,7	2 747	52,7	39,4	29,2	262
Plateau	28,2	25,9	16,6	937	32,5	29,4	21,2	97
Zou	38,4	32,0	21,8	2 133	38,0	30,9	21,4	221
Niveau d'instruction								
Aucune instruction	40,7	27,1	16,3	12 041	43,3	28,2	17,2	1 377
Primaire	50,2	36,9	22,3	3 942	48,3	36,4	23,2	355
Secondaire 1 ^{er} cycle	51,8	39,3	24,2	2 093	59,5	43,8	31,0	177
Secondaire 2 nd cycle ou +	54,6	42,7	23,3	863	58,4	43,1	20,2	53
Quintile du bien-être économique								
Le plus pauvre	28,8	14,9	8,7	3 365	29,9	15,4	8,7	419
Second	35,4	20,6	12,6	3 400	37,7	21,7	13,0	381
Moyen	41,9	28,3	17,9	3 598	48,4	31,7	21,7	427
Quatrième	48,1	34,9	22,0	4 024	54,9	41,1	27,3	421
Le plus riche	62,0	50,0	28,5	4 552	63,0	51,5	28,9	314
Ensemble	44,6	31,2	18,7	18 939	46,1	31,5	19,6	1 962

¹ Une moustiquaire qui a été imprégnée est une moustiquaire initialement traitée ou une moustiquaire non initialement traitée et qui a été imprégnée d'insecticide par la suite à n'importe quel moment.

² Une moustiquaire imprégnée d'insecticide (MII) est, soit 1) une moustiquaire imprégnée industriellement qui ne nécessite pas de traitement supplémentaire, soit 2) une moustiquaire imprégnée obtenue dans les 12 derniers mois, soit 3) une moustiquaire qui a été imprégnée d'insecticide dans les 12 derniers mois.

Le tableau 10.3 présente aussi les résultats concernant les femmes enceintes. On ne constate pratiquement pas d'écart entre l'ensemble des femmes et les femmes enceintes. En effet, si parmi les femmes, 45 % se sont protégées du paludisme en dormant sous une moustiquaire, cette proportion est de 46 % parmi les femmes enceintes. Concernant l'utilisation d'une moustiquaire imprégnée, ces proportions sont respectivement de 31 % et 32 % et pour l'utilisation d'une MII, ces proportions sont respectivement de 19 % et de 20 %. On constate en outre que les écarts sont identiques à ceux déjà observés pour l'ensemble des femmes, à savoir que les proportions les plus faibles de femmes enceintes ayant dormi sous moustiquaire sont observées en milieu rural (42 %), dans les départements du Couffo (29 %) et du

Plateau (33 %), parmi celles qui n'ont aucune instruction (43 %) et parmi celles des ménages les plus pauvres (30 % pour le premier quintile et 38 % pour le second). Les résultats concernant les moustiquaires imprégnées et les MII font apparaître le même type de variation que celles déjà constatées pour les moustiquaires quelconques.

10.3 CHIMIOPRÉVENTION CHEZ LA FEMME ENCEINTE

Pour réduire la charge du paludisme pendant la grossesse, il est recommandé que les femmes enceintes non seulement dorment sous une moustiquaire imprégnée d'insecticide mais aussi prennent, à titre préventif, des antipaludéens au cours de la grossesse. Au cours de l'EDSB-III, on a donc demandé à toutes les femmes qui avaient eu une naissance pendant les cinq dernières années si durant la grossesse la plus récente, elles avaient pris des antipaludéens et, dans le cas d'une réponse positive, de quels antipaludéens il s'agissait. Le tableau 10.4 présente les proportions de femmes qui ont pris un antipaludéen au cours de la grossesse, les proportions de celles qui ont pris de la SP/Fansidar ainsi que les proportions de celles qui en ont pris au moins 2 doses.

Caractéristique sociodémographique	Pourcentage ayant pris des médicaments antipaludéens	SP/Fansidar		Effectif de femmes
		Pourcentage ayant pris de la SP/Fansidar	Pourcentage ayant pris 2+ doses	
Milieu de résidence				
Cotonou	97,9	2,1	1,7	424
Autres Villes	86,1	6,2	3,8	1 790
Ensemble urbain	88,3	5,4	3,4	2 214
Rural	78,4	4,5	2,8	4 166
Département				
Alibori	59,9	1,7	1,3	542
Atacora	60,5	1,8	1,3	464
Atlantique	90,3	2,1	1,9	745
Borgou	60,4	3,0	1,5	620
Collines	85,5	2,7	1,8	451
Couffo	86,1	22,8	13,6	522
Donga	81,4	9,3	1,4	280
Littoral	97,9	2,1	1,7	424
Mono	76,4	11,8	7,1	376
Ouémé	92,7	2,3	1,9	908
Plateau	85,4	1,8	1,0	321
Zou	94,9	2,7	2,4	727
Niveau d'instruction				
Aucune instruction	77,8	4,1	2,2	4 636
Primaire	91,4	6,3	4,5	1 212
Secondaire 1 ^{er} cycle	93,8	8,0	6,4	391
Secondaire 2 nd cycle ou +	99,2	8,3	8,3	140
Quintile du bien-être économique				
Le plus pauvre	64,5	3,7	2,1	1 379
Second	77,3	3,2	1,4	1 297
Moyen	83,6	5,1	2,4	1 306
Quatrième	90,8	6,7	4,4	1 318
Le plus riche	96,5	5,8	5,1	1 080
Ensemble	81,9	4,9	3,0	6 380

Plus de quatre femmes sur cinq (82 %) ont pris des antipaludéens au cours de leur dernière grossesse. Cette proportion est élevée quelque soit les caractéristiques sociodémographiques. Cependant, dans les départements de l'Atacora (61 %) et du Borgou (60 %), ainsi que parmi les femmes des ménages du quintile le plus pauvre (65 %), ces proportions sont plus faibles. Une très faible proportion de femmes (5 %) ont pris de la SP/Fansidar au cours de leur dernière grossesse. À l'exception des départements du Couffo et du Mono où la proportion atteint, respectivement, 23 % et 12 %, elle ne dépasse pas 9 % ailleurs. En outre, seulement 3 % des femmes ont pris deux doses ou plus de SP/Fansidar. C'est bien évidemment dans les départements du Couffo et du Mono que ces proportions sont les plus élevées (respectivement, 14 % et 7 %). La comparaison avec les résultats de la précédente enquête met en évidence une quasi-stabilité de la proportion de femmes qui ont pris de la SP/Fansidar au cours de leur grossesse (6 % en 2001 contre 5 % en 2006).

10.4 TRAITEMENT PRÉCOCE DU PALUDISME CHEZ LES ENFANTS DE MOINS DE CINQ ANS

Au cours de l'EDSB-III, en plus des questions concernant la disponibilité des moustiquaires dans les ménages, leur utilisation et le traitement antipaludéen préventif au cours de la grossesse, on a demandé si les enfants de moins de cinq ans avaient eu de la fièvre au cours des deux semaines ayant précédé l'enquête. Si la réponse était positive, on posait alors une série de questions sur le traitement de la fièvre : ces questions portaient sur la prise de médicaments antipaludéens et sur le moment où le traitement antipaludéen avait été administré pour la première fois. Les résultats sont présentés aux tableaux 10.5 et 10.6.

En premier lieu, les résultats du tableau 10.5 montrent que près de trois enfants sur dix avaient eu de la fièvre au cours des deux semaines ayant précédé l'enquête (29 %). Les proportions selon l'âge varient d'un maximum de 38 % à 12-23 mois à un minimum de 20 % à 48-59 mois. Les enfants du milieu rural ont été proportionnellement plus nombreux que ceux du milieu urbain à avoir eu de la fièvre (30 % contre 26 %). Les résultats selon les départements font apparaître une prévalence de la fièvre plus élevée dans les Collines (41 %) et un niveau plus faible dans le Mono (18 %). On peut également souligner que la prévalence de la fièvre parmi les enfants de moins de cinq ans varie légèrement selon le niveau d'instruction de la mère puisque 30 % des enfants dont la mère a un niveau primaire ont eu de la fièvre contre un minimum de 20 % quand la mère a au moins un niveau d'instruction secondaire. Enfin, selon les quintiles de bien-être du ménage, la prévalence de la fièvre varie très légèrement, essentiellement entre le quintile le plus riche et les autres quintiles (23 % contre 30 %).

Parmi les enfants ayant eu de la fièvre, au moins un sur deux a été traité avec des antipaludéens (54 %) et 42 % avaient commencé le traitement soit le jour où la fièvre était apparue, soit le jour suivant. Les variations selon l'âge sont irrégulières ; cependant, c'est à 12-23 mois, âges de forte prévalence de la fièvre, que la proportion d'enfants ayant été traités avec des antipaludéens est la plus élevée (58 %) ; c'est aussi à ces âges que le traitement précoce a été le plus fréquent (45 %). En fonction du milieu de résidence, on note que ce n'est pas en milieu rural où la prévalence de la fièvre était un peu plus élevée qu'ailleurs, que la proportion d'enfants traités avec des antipaludéens est la plus élevée (53 % contre un maximum de 58 % dans les Autres Villes). En outre, seulement 39 % des enfants du milieu rural ont été traités de manière précoce. Dans les départements, on constate que dans trois d'entre eux, plus d'un enfant sur deux a été traité rapidement après la survenue de la fièvre : il s'agit des départements de l'Ouémé (51 %), du Plateau (58 %) et du Zou (51 %). Dans le département de l'Atacora, seulement 27 % des enfants ont bénéficié d'un traitement précoce de la fièvre avec des antipaludéens.

Tableau 10.5. Prévalence de la fièvre et traitement précoce

Pourcentage d'enfants de moins de 5 ans ayant eu de la fièvre au cours des deux semaines ayant précédé l'enquête et, parmi ces enfants, pourcentage qui ont pris des antipaludéens et pourcentage qui les ont pris le jour même ou le jour suivant l'apparition de la fièvre selon certaines caractéristiques sociodémographiques, Bénin 2006

Caractéristique sociodémographique	Parmi les enfants de moins de cinq ans :		Parmi les enfants de moins de cinq ans ayant eu de la fièvre :		
	Pourcentage ayant eu de la fièvre au cours des deux semaines précédant l'enquête	Effectif d'enfants	Pourcentage ayant pris des médicaments antipaludéens	Pourcentage ayant pris des médicaments antipaludéens le jour même ou le jour suivant	Effectif d'enfants
Âge (en mois)					
<12	28,9	3 304	49,5	37,7	954
12-23	38,2	3 005	57,8	44,5	1 148
24-35	31,2	2 727	54,5	43,1	850
36-47	23,7	2 950	52,2	41,2	698
48-59	19,8	2 578	55,8	43,6	511
Milieu de résidence					
Cotonou	24,1	990	50,5	45,9	238
Autres Villes	26,3	4 064	58,0	48,3	1 069
Ensemble urbain	25,9	5 054	56,7	47,9	1 307
Rural	30,0	9 510	52,8	39,3	2 854
Département					
Alibori	23,8	1 355	44,7	32,4	322
Atacora	35,6	1 056	40,4	27,4	376
Atlantique	35,3	1 617	58,4	42,2	571
Borgou	24,1	1 509	52,0	39,9	364
Collines	40,5	1 043	65,1	46,2	422
Couffo	29,5	1 189	40,5	32,0	350
Donga	36,2	583	52,9	46,1	211
Littoral	24,1	990	50,5	45,9	238
Mono	17,9	873	35,0	27,2	156
Ouémé	21,1	1 996	61,5	51,3	421
Plateau	24,2	747	65,6	57,7	181
Zou	34,1	1 607	63,5	50,5	548
Niveau d'instruction					
Aucune instruction	28,7	10 866	51,9	39,2	3 119
Primaire	30,4	2 590	59,5	49,1	787
Secondaire 1 ^{er} cycle	24,3	799	68,3	58,1	194
Secondaire 2 nd cycle ou +	20,0	309	45,5	39,1	62
Quintile du bien-être économique					
Le plus pauvre	29,2	3 219	44,3	31,2	940
Second	29,7	2 953	51,9	38,4	876
Moyen	30,6	2 992	56,6	43,4	917
Quatrième	29,7	2 942	59,6	50,0	874
Le plus riche	22,6	2 457	60,6	51,0	555
Ensemble	28,6	14 563	54,0	42,0	4 162

Le tableau 10.6 qui concerne les enfants de moins de cinq ans qui ont eu de la fièvre présente les proportions de ceux qui ont pris différents types d'antipaludéens et les proportions de ceux qui les ont pris rapidement après l'apparition de la fièvre. Le médicament le plus fréquemment utilisé est la chloroquine (49 %) et, dans 39 % des cas, le médicament a été donné rapidement à l'enfant après l'apparition de la fièvre. Les enfants des Autres Villes (51 %), ceux des mères de niveau d'instruction primaire (53 %) et de celles de niveau secondaire 1^{er} cycle (54 %) ou appartenant à des ménages du moyen et du quatrième quintile (respectivement 52 % et 55 %) ont été plus fréquemment traités à la chloroquine que les autres. On note ensuite que le deuxième antipaludéen qui a été le plus utilisé est la quinine : 4 % à un moment quelconque et dans 3 % des cas, il a été donné à l'enfant rapidement après la survenue de la fièvre. Parmi les enfants dont la mère a un niveau secondaire 1^{er} cycle, 14 % ont pris ce médicament dont la majorité rapidement après la survenue de la fièvre. Dans les ménages les plus riches, plus d'un enfant sur dix (11 %) a été aussi traité avec ce médicament et 9 % de manière précoce. Les autres antipaludéens n'ont été utilisés que dans de faibles proportions.

Tableau 10.6 Différents antipaludéens et prise précoce

Parmi les enfants de moins de cinq ans ayant eu de la fièvre au cours des deux semaines ayant précédé l'enquête, pourcentage qui ont pris certains antipaludéens et pourcentage qui ont pris chaque type d'antipaludéen le même jour ou le jour suivant l'apparition de la fièvre selon certaines caractéristiques sociodémographiques, Bénin 2006

Caractéristique sociodémographique	Pourcentage d'enfants qui ont pris :							Pourcentage d'enfants qui ont pris des médicaments le jour même ou le jour suivant :				Effectif d'enfants ayant eu la fièvre
	SP/ Fansidar	Chloro- quine	Amodia- quine	Quinine	Coartem	Halfan	Arinate	SP/ Fansidar	Chloro- quine	Amodia- quine	Quinine	
Âge (en mois)												
< 12	0,2	46,4	0,3	2,4	0,3	0,0	0,2	0,1	36,2	0,1	1,5	954
12-23	0,6	53,2	0,2	4,5	0,6	0,0	0,2	0,4	41,6	0,1	2,8	1 148
24-35	0,8	48,0	0,5	5,3	0,5	0,3	0,2	0,7	38,7	0,3	3,7	850
36-47	0,3	47,0	0,9	3,8	0,1	0,4	0,2	0,3	38,0	0,6	2,6	698
48-59	0,7	47,3	0,5	7,0	0,2	0,3	1,0	0,5	38,7	0,2	4,8	511
Milieu de résidence												
Cotonou	0,0	40,6	0,4	9,9	0,0	0,4	0,0	0,0	38,5	0,4	7,8	238
Autres Villes	0,8	50,7	0,9	5,9	0,5	0,4	0,5	0,6	43,4	0,5	4,5	1 069
Ensemble urbain	0,6	48,9	0,8	6,6	0,4	0,4	0,4	0,5	42,5	0,5	5,1	1 307
Rural	0,4	48,8	0,3	3,4	0,4	0,1	0,2	0,3	37,1	0,1	1,9	2 854
Département												
Alibori	0,6	42,6	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,6	30,7	0,0	1,3	322
Atacora	1,0	36,1	0,6	3,6	0,0	0,0	0,2	0,3	25,5	0,2	1,6	376
Atlantique	0,5	54,8	0,4	2,4	0,0	0,2	0,5	0,2	41,0	0,0	1,3	571
Borgou	0,0	47,9	1,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	37,3	0,6	2,0	364
Collines	0,5	58,1	0,5	7,1	0,0	0,0	0,5	0,5	42,9	0,0	3,3	422
Couffo	0,3	35,2	0,3	2,1	3,7	0,0	0,0	0,3	29,3	0,3	2,1	350
Donga	0,3	49,2	0,4	5,0	0,0	0,0	0,0	0,3	42,8	0,4	4,2	211
Littoral	0,0	40,6	0,4	9,9	0,0	0,4	0,0	0,0	38,5	0,4	7,8	238
Mono	0,0	31,5	0,4	1,1	2,4	0,0	0,0	0,0	26,1	0,4	1,1	156
Ouémé	0,8	52,5	1,1	6,4	0,0	0,7	0,8	0,8	45,2	0,8	5,0	421
Plateau	0,0	62,5	0,0	3,8	0,0	0,0	1,8	0,0	55,3	0,0	2,4	181
Zou	0,8	58,1	0,0	4,8	0,0	0,2	0,0	0,8	46,2	0,0	3,8	548
Niveau d'instruction												
Aucune instruction	0,2	47,8	0,3	3,5	0,4	0,1	0,3	0,1	37,1	0,2	2,1	3 119
Primaire	0,5	53,4	0,6	5,1	0,2	0,3	0,4	0,3	45,1	0,1	4,0	787
Secondaire 1 ^{er} cycle	1,1	54,4	1,4	13,6	0,5	0,7	0,0	1,1	45,9	1,4	10,6	194
Secondaire 2 nd cycle ou +	11,4	22,5	0,0	9,6	1,7	0,0	1,9	11,4	21,3	0,0	7,9	62
Quintile du bien-être économique												
Le plus pauvre	0,6	41,0	0,3	2,8	0,2	0,0	0,1	0,1	29,8	0,0	1,4	940
Second	0,3	49,7	0,4	1,8	0,2	0,0	0,0	0,3	37,3	0,3	0,9	876
Moyen	0,3	52,0	0,2	4,9	0,5	0,0	0,2	0,3	40,2	0,1	3,0	917
Quatrième	0,2	55,1	0,2	4,2	0,5	0,1	0,6	0,2	47,5	0,1	2,7	874
Le plus riche	1,3	45,5	1,5	10,5	0,7	1,0	0,9	1,3	40,4	1,1	8,7	555
Ensemble	0,5	48,8	0,4	4,4	0,4	0,2	0,3	0,4	38,8	0,2	2,9	4 162

Le tableau 10.7 présente les pourcentages d'enfants ayant eu de la fièvre et pour lesquels le médicament antipaludéen se trouvait à la maison quand la fièvre est apparue. On constate que dans 19 % des cas, un antipaludéen quelconque était disponible immédiatement. En outre, on note que la chloroquine était un peu plus fréquemment disponible à la maison que la quinine (19 % contre 16 %).

Tableau 10.7 Disponibilité à la maison des antipaludéens pris par les enfants ayant de la fièvre

Parmi les enfants de moins de cinq ans ayant eu de la fièvre au cours des deux semaines ayant précédé l'enquête et qui ont pris certains antipaludéens, pourcentage pour lesquels le médicament se trouvait à la maison quand la fièvre s'est manifestée. Bénin 2006

Médicament	Pourcentage pour lesquels le médicament était à la maison lorsque l'enfant a commencé à avoir de la fièvre	Effectif d'enfants qui ont pris l'antipaludéen spécifique
Chloroquine	18,9	2 031
Quinine	15,5	183
N'importe quel antipaludéen	18,7	2 219

ANNEXE III

CAHIER D'OBSERVATION DES NOUVEAU-NÉS DE LA COHORTE DE TORI-BOSSITO

Cahier d'observation des nouveau-nés de la cohorte de Tori-Bossito

N°identification _____

Survenue des premières infections palustres chez le nouveau-né : déterminants génétiques, biologiques et environnementaux

Zone de Tori-Bossito au Bénin

Cahier d'observation

Etude en collaboration :

Institut de Recherche pour le Développement

Programme National de Lutte contre le Paludisme

Institut des Sciences Biomédicales Appliquées

Faculté des Sciences de la Santé

**A REMPLIR PAR LA SAGE-FEMME/
INFIRMIERE/ AIDE SOIGNANTE/
ASSISTANT**

N°identification _____

I. Inclusion

Date (_ / _ / _)

Maternité Tori Avamé Tori Cada Tori Gare

Nom de la sage-femme/Infirmière/aide soignante _____

Nom de la mère _____ Prénom de la mère _____

Village de résidence de la commune de Tori Bosito :

- Avamé Centre Gbédjougó Houngó Anavié
 Dohinko Gbétaga Tori Cada Centre Zébé
 Zoungoudo

Résidence dans le village oui non
(non, par exemple si la femme est de passage dans la région → exclusion)

La femme accepte de participer à l'étude Accepte Refuse

INCLUSION REFUS EXCLUSION REFEREE

Si refus, raison _____

Si exclusion, raison _____

Si référée, lieu : Ouidah Abata

Préciser les raisons du transfert _____

A faire uniquement si la fiche de consentement éclairé a été signée

Prélèvements de la femme à réaliser avant l'accouchement et avant toute perfusion

Prélèvements veineux (2 tubes) faits non faits : si non fait, pourquoi ? _____

⇒ Prélèvement réalisé avant l'accouchement pendant ou après l'accouchement
si pendant ou après, préciser la raison : _____

⇒ Au moment du prélèvement, la femme était perfusée oui non

Avant l'accouchement, réaliser la mesure suivante :

Poids mère : Mesure 1 (_ / _ / _) / (_ / _) Kg Mesure 2 (_ / _ / _) / (_ / _) Kg

A REMPLIR PAR L'ASSISTANT

N° Identification _____

2. Données générales

Nom de l'assistant _____

Age de la femme : / / ans Date de naissance / /

(ou à défaut) Année de naissance / / insp Ethnie Ton Fon Autre, préciser _____**Résidence**

Lieu de résidence : Village _____

Agglomération _____

La femme est-elle née dans la région ? oui nonLa femme est-elle née dans le village ? oui nonsi non, nombre d'années vécues dans le village / / années insp lieu d'origine _____ dans commune de TB hors commune de TB **Habitat et Hygiène au niveau du ménage**

➤ Qualité de la chambre principale :

Nature des murs : 1- Ciment 2- Ciment sur terre battue 3- Terre battue 4- Autre : _____Nature du toit : 1-Tôle 2-Paille 3-Autre : _____Nature du sol : 1-Ciment 2-Terre battue 3-Autre : _____➤ Douche : 1-Propre au ménage 2-Partagée avec autre(s) ménage(s)➤ Nature de la douche : 1- Douche sans toit 2- Douche avec toit
 1- Douche initiale 2- Douche « ré-aménagée »➤ Évacuation eaux usées : 1-Hors de la concession 2-Dans la concession
 3- Dans la cour 4- Autre : _____➤ Évacuation ordures : 1-Hors de la concession 2-Dans la concession
 3- Dans la cour 4- Autre : _____➤ Animaux (de petite taille) : 1-Hors cour 2-Partie réservée
 3-Partout (sauf chambre) 4-Partout (même chambre)➤ Jeunes enfants : 1-Circulent partout dans la cour
 2-Des zones leur sont interdites (foyers, animaux...)

A REMPLIR PAR L'ASSISTANT

N° identification _____

Biens (non agricoles) possédés au niveau du ménage

(Indiquer le NOMBRE de chacun des items que l'on compte dans l'ensemble du ménage)

Lampe(s) torche(s)	/ /	Vélo(s)	/ /
Lampe(s) à pétrole	/ /	Vélo-moteur(s)	/ /
Voiture(s)	/ /	Poste(s) Radio ou Radio-K7	/ /
Pirogue	/ /	Filets de pêche	/ /
Groupe électrogène	/ /	Hameçons	/ /
Moulin	/ /	Métier à tisser	/ /
Tam-tam(s)	/ /	Grainier à grain	/ /

Catégorie socio- professionnelle

Scolarisation de la femme 1-absence 2-primaire partiel 3-primaire complet 4-secondaire et +

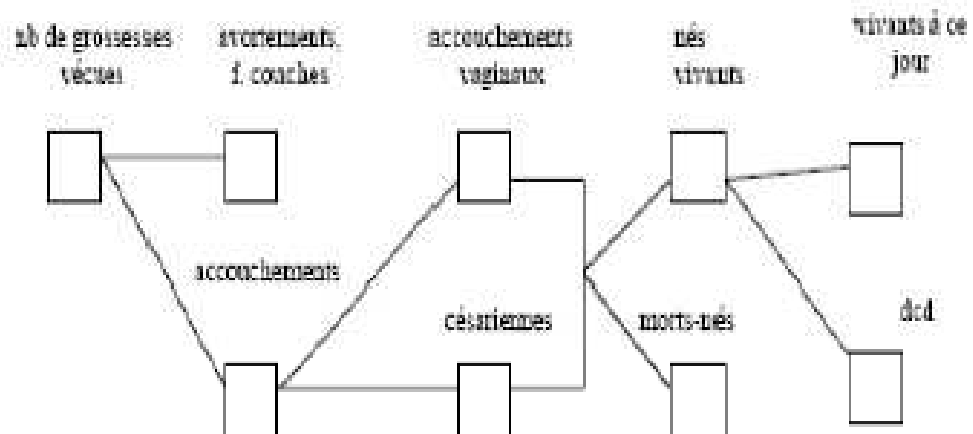
Statut marital 1-célibataire 2-mariée, monogame
 3-mariée, polygame (si oui, rang de la femme : ___ / ___) 4-autre : _____

Activité de la femme 1-ménagère 2-cultivatrice 3-revendeuse 4-autre _____

Activité professionnelle du mari : 1-cultivateur 2-artisan 3-autre _____

Scolarisation du mari 1-absence 2-primaire partiel 3-primaire complet 4-secondaire et +

Antécédents gynéco-obstétriques (hors grossesse actuelle)



A REMPLIR PAR L'ASSISTANT (2)

N°identification _____

3. Déroulement de la grossesse

Histoire/ suivi de la grossesse

Date des dernières règles (dtr) / ___/___/___/ (à défaut, inscrire au moins le mois)

Appréciation assistant: certain moyen doute

Espace intergénéralique si grossesse précédente en mois /___/___/ (demander le carnet de l'enfant précédent)

➤ Suivi en consultations prénatales (CPN)

Date de 1^{re} CPN /___/___/___/ (à partir du carnet) A eu lieu à /___/ mois de grossesse

Date de dernière CPN /___/___/___/ Nb total de CPN durant la grossesse /___/___/

➤ Pathologies pendant la grossesse :

Pré-éclampsie oui non Femme sous traitement antihypertenseurDiabète oui non non recherchéDrépanocytose oui non non recherchée

Autres (IST etc...) : _____

➤ Problème de vision pendant la grossesse ?

 oui non

- si oui, problème de vision le jour ?

 oui non

- si oui, problème de vision pendant la nuit ?

 oui non

- si problème la nuit seulement, était-ce l'héméralopie ?

 oui non

➤ La femme est-elle suivie pour une pathologie chronique

 oui non

(hypertension artérielle, asthme, cardiopathie, diabète, ...)

Préciser la pathologie _____

➤ Statut HIV

 positif négatif non recherché

Si oui, date de diagnostic /___/___/___/

commentaire : _____

Mise sous ARV

 oui non

si oui, depuis combien de temps : _____

Supplémentation/ prophylaxie anti-palustre

Durant la grossesse, la femme a-t-elle pris les médicaments suivants (montrer les comprimés):

Acide folique

 oui non nsp

Nb de cp/semaine /___/

Nb de mois de prise /___/

Fer (en prise régulière)

 oui non nsp

Nb de cp/semaine /___/

Nb de mois de prise /___/

Capsule de Vitamine A après l'accouchement

 oui non nsp

A REMPLIR PAR L'ASSISTANT (2)

N° identification _____

TPI National oui non nsp

Si oui, préciser combien de fois durant la grossesse /___/

Date de dernière prise de TPI /___/___/___/

Chloroquine (en prophylaxie) oui non nsp

Si oui, préciser la durée de la prophylaxie /___/ semaines ou /___/ mois

Préciser la quantité prise /___/ comprimés par semaine

Possession d'une moustiquaire oui nonSi oui, utilisation la nuit dernière oui nonProvenance TPI national oui non nspEst-ce une moustiquaire imprégnée oui non nspD'autres répulsifs sont-ils utilisés ? oui non nspsi oui, lesquels ? serpentins aérosols citronnelle**Episodes paludisme durant la grossesse**Y a-t-il eu suspicion de paludisme oui non Nib de fois : _____

	Mois grossesse	Traitement	Date diagnostic si GE
Episode 1		<input type="checkbox"/> Chloroquine <input type="checkbox"/> Quinine <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/> Autre : _____	___/___/___
Episode 2		<input type="checkbox"/> Chloroquine <input type="checkbox"/> Quinine <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/> Autre : _____	___/___/___
Episode 3		<input type="checkbox"/> Chloroquine <input type="checkbox"/> Quinine <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/> Autre : _____	___/___/___
Episode 4		<input type="checkbox"/> Chloroquine <input type="checkbox"/> Quinine <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/> Autre : _____	___/___/___
Episode 5		<input type="checkbox"/> Chloroquine <input type="checkbox"/> Quinine <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/> Autre : _____	___/___/___
Episode 6		<input type="checkbox"/> Chloroquine <input type="checkbox"/> Quinine <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/> Autre : _____	___/___/___
Episode 7		<input type="checkbox"/> Chloroquine <input type="checkbox"/> Quinine <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/> Autre : _____	___/___/___
Episode 8		<input type="checkbox"/> Chloroquine <input type="checkbox"/> Quinine <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/> Autre : _____	___/___/___

Habitudes alimentaires durant la grossesse

1. Diriez-vous que d'habitude (en dehors de la grossesse) votre alimentation est suffisante en quantité ?

 insuffisante suffisante excessive2. Et pendant votre grossesse ? insuffisante suffisante excessive

3. Diriez-vous que d'habitude votre alimentation est satisfaisante en qualité ?

 satisfaisante non satisfaisante4. Et pendant votre grossesse ? satisfaisante non satisfaisante5. D'habitude, ajoutez-vous du sel dans les plats que vous consommez ? oui non6. Et pendant votre grossesse, avez-vous augmenté le sel ? oui non7. Et pendant votre grossesse, avez-vous diminué le sel ? oui non

**A REMPLIR PAR LA SAGE-FEMME/
INFIRMIERE/ AIDE SOIGNANTE/
ASSISTANT**

N° identification _____

4. Fiche d'accouchement

Date de l'accouchement / ___ / ___ / ___

Date du jour, si différente de la date d'accouchement / ___ / ___ / ___

Nom de la sage-femme/infirmière/aide soignante _____

Terme de naissance / ___ / ___ semaines estimé par IDOR HUI Echographie

Déroulement de l'accouchement

Mère vivante	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
Césarienne	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
Si oui, préciser les raisons _____		
Pré-éclampsie	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
Hémorragie de la délivrance	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
Suspicion de paludisme	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
Traitement administré	<input type="checkbox"/> Aucun	<input type="checkbox"/> Quinine <input type="checkbox"/> Autre : _____
Autre pathologie (infection materno-fœtale, fièvre, ...): _____		

Nouveau-né	Enfant unique, ou Jumeau A		Jumeau B	
Enfant vivant	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
Sexe enfant	<input type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> M	<input type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> M
	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 1	Mesure 2
Poids enfant	/ ___ / ___ / ___ g	/ ___ / ___ / ___ g	/ ___ / ___ / ___ g	/ ___ / ___ / ___ g
Taille enfant	/ ___ / ___ / ___ cm	/ ___ / ___ / ___ cm	/ ___ / ___ / ___ cm	/ ___ / ___ / ___ cm
Périmètre crânien	/ ___ / ___ / ___ cm	/ ___ / ___ / ___ cm	/ ___ / ___ / ___ cm	/ ___ / ___ / ___ cm
Périmètre brachial	/ ___ / ___ / ___ cm	/ ___ / ___ / ___ cm	/ ___ / ___ / ___ cm	/ ___ / ___ / ___ cm
Ictère	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
Suspicion d'ictère pathologique	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
Score d'Apgar 1 min	/ ___		/ ___	
5 min	/ ___		/ ___	
<u>Prélèvements sang du cordon (2 tubes)</u>	<input type="checkbox"/> fait	<input type="checkbox"/> non fait	<input type="checkbox"/> fait	<input type="checkbox"/> non fait

**A REMPLIR PAR LA SAGE-FEMME/
INFIRMIERE/ AIDE SOIGNANTE/
ASSISTANT**

N° identification _____

Placenta

Apposition placentaire fait non fait Confecti placentaire fait non fait

Poids placenta (A) / _ / _ / _ / _ / g Si 2 placentas : Poids placenta B / _ / _ / _ / _ / g)

!!!! Ne pas oublier de faire les appositions placentaires et les confections pour CHAQUE PLACENTA !!!!

Examen de l'enfant à la naissance

(à réaliser dans les 72h après la naissance → Informer immédiatement l'assistant)

Examen réalisé oui non

Nom de l'examineur _____

Temps écoulé depuis la naissance (en heures) / _ / _ / heures

Score de Ballard (A) / _ / _ / Si jumeaux : score de Ballard B / _ / _ /

Mise au sein

Mise au sein immédiate oui non

Si non, délai entre naissance et mise au sein ? / _ / _ / heures

Sans problème oui non

Si non, brève description des difficultés : _____

Le colostrum a-t-il été donné à l'enfant ? oui non

L'enfant a-t-il bu autre chose que le lait maternel juste après la naissance (durant les 24 premières heures)?

oui non

Si oui, quoi ? _____ (eau, lait...))

Avant la mise au sein Après la mise au sein, pendant la 1^{ère} journée

Après l'accouchement, ne pas oublier de faire la mesure suivante :

Taille mère: Mesure 1 / _ / _ / _ / _ / cm Mesure 2 / _ / _ / _ / _ / cm

EVALUATION DU TERME DE NAISSANCE (Score de Ballard)

SIGNES NEUROMUSCULAIRES	SCORE							SCORE
	-1	0	1	2	3	4	5	
POSTURE								
POIGNET								
RETOUR EN FLEXION DU MEMBRE SUPERIEUR								
ANGLE POPLITE								
SIGNES DE L'ECARPE								
TALON-OREILLE								
SCORE TOTAL DE MATURITE NEUROMUSCULAIRE								

SIGNES PHYSIQUES	SCORE							SCORE
	-1	0	1	2	3	4	5	
PEAU	Collante, transparente	Rouge, gélidneuse, translucide ; veines visibles sur abdomen ++	Rose, lisse ; veines visibles sur l'abdomen	Rose pâle, lisse ; desquamation superficielle ; peu de veines visibles sur l'abdomen	Pâle, épaisse, craquelée ; rares veines	Craquelée ++ ; Desquamation ++ ; pas de veines visibles	Tannée, craquelée, ridée	
LANGUE	Aucun	Epaissie	Abondant (long et épais sur tout le dos)	Calcaire (dans le tiers du dos)	Surfaces glabres	Absent sur le 1/3 du dos		
SURFACE PLANTAIRE	Surface : 40-50 mm -1 ; >40 mm -2	Surface >50 mm Pas de plis	Minces traits rouges sur le 1/3 antérieur	Plis + marqués sur le 1/3 antérieur	Plis sur les 2/3 antérieurs	Plis profonds sur toute la plante		
AREOLE MAMMAIRE	Mamelon non visible Areole=0	Mamelon à peine visible Areole=0	Mamelon net Areole plane	Mamelon net Areole surélevée (1-2 mm)	Mamelon net Areole surélevée (3-4 mm)	Mamelon net Areole surélevée (5-10 mm)		
OEIL / OREILLE	Paupières fermées ; <u>légèrement</u> -1 ; <u>fermement</u> -2	Paupières ouvertes Pavillon plat Pavillon plié, ne revenant pas à sa forme initiale	Début d'enroulement du pavillon Pavillon plié, revenant lentement à sa forme initiale	Enroulement complet du pavillon Cartilage mince Oreille revenant rapidement en place	Reliefs nets Cartilage sur tout le bord Oreille revenant immédiatement en place	Cartilage épais Oreille rigide		
ORGANES GENTAUX (Garçon)	Scrotum plat et lisse	Scrotum plein Plis à peine visibles	Testicules non abaissables Rares plis	Testicules abaissables Quelques plis	Testicules descendus Plis nombreux	Testicules pendants Plis profonds		
ORGANES GENTAUX (Fille)	Clitoris visible Pas de lèvres	Clitoris visible Petites lèvres peu visibles	Clitoris visible Petites lèvres saillantes	Petites et Grandes lèvres assez proéminentes	Grandes lèvres recouvrent presque complètement les petites lèvres	Grandes lèvres bord à bord		
SCORE TOTAL DE MATURITE PHYSIQUE								

SCORE TOTAL =

Date ___/___/___

N°identification _____

I. A reprendre dans le carnet de grossesse à la 1^{ère} visite mensuelle**1. Pour chaque CPN :**

Numéro CPN	1	2	3	4	5
Date	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___
Poids (en Kg)	/ / / / / / /	/ / / / / / /	/ / / / / / /	/ / / / / / /	/ / / / / / /
TA syst/diast (cm Hg)	/ / / - / / /	/ / / - / / /	/ / / - / / /	/ / / - / / /	/ / / - / / /
Oedèmes bil. ?	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /
HU (cm)	/ / /	/ / /	/ / /	/ / /	/ / /
Prescription suppléments fer/folates ?	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /
Prescription suppléments autres ?	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /
Vaccination anti-tétanique?	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /

Numéro CPN	5	6	7	8	9
Date	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___
Poids (en Kg)	/ / / / / / /	/ / / / / / /	/ / / / / / /	/ / / / / / /	/ / / / / / /
TA syst/diast (cm Hg)	/ / / - / / /	/ / / - / / /	/ / / - / / /	/ / / - / / /	/ / / - / / /
Oedèmes bil. ?	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /
HU (cm)	/ / /	/ / /	/ / /	/ / /	/ / /
Prescription suppléments fer/folates ?	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /
Prescription suppléments autres ?	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /
Vaccination anti-tétanique?	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /	1-oui 2- non / /

2. Récapitulatif :

Nombre total de CPN ?

/ / / /

Vaccination anti-tétanique à jour ?

Oui Non

II. Résultats examens biologiques à l'accouchement - Remarques particulières

HB CI : ____ g/dl

GE CI : ____ / ____ tropho/GB

Espèce plasmodiale: 1-Pf ; 2-Pm ; 3-les 2 (entourer la réponse)

HB CO : ____ g/dl

GE CO : ____ / ____ tropho/GB

Espèce plasmodiale: 1-Pf ; 2-Pm ; 3-les 2 (entourer la réponse)

Apposition placentaire : ____ / ____ tropho/GB ____ / ____ schizontes/GB

Espèce plasmodiale: 1-Pf ; 2-Pm ; 3-les 2 (entourer la réponse)

Présence de pigments malariques Oui Non **Remarques :** _____

ANNEXE IV

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DEUX PRINCIPALES MÉTHODES DE CAPTURE

Avantages et inconvénients des deux principales méthodes de capture

(Coffinet et al 2009)

Tableau I. Les avantages et les inconvénients des méthodes de capture de moustiques adultes.

Méthodes	Avantages	Inconvénients / limites
Piège lumineux près d'un dormeur sous moustiquaire non imprégnée d'insecticide (Fig. 1)	<ul style="list-style-type: none"> - pas d'exposition de l'appât aux piqûres - facile à mettre en œuvre et peu contraignante - facilement reproductible - faible coût récurrent et nécessitant des ressources humaines limitées en nombre et en compétence 	<ul style="list-style-type: none"> - coûteux à l'achat - spécificité faible, améliorée si près d'un dormeur, mais dans des proportions peu connues - capture de moustiques mâles - capture de moustiques ne piquant pas l'homme - nombreux biais possibles - attractivité différentes des individus (appâts) - efficacité variable - représentativité variable et généralement limitée - assèche ou tue une proportion importante des moustiques capturés
Capture nocturne sur appât humain (Fig. 2)	<ul style="list-style-type: none"> - capture directe des moustiques se posant sur la peau, c'est-à-dire qui piquent l'homme (anthropophiles) : mesure spécifique de l'agressivité (minimisation des biais) - capture exclusive de moustiques femelles - conservation des moustiques (permettant leur identification et leur étude) - Evaluation possible du rythme d'agressivité horaire 	<ul style="list-style-type: none"> - risque professionnel d'exposition aux piqûres (nécessite une prise en charge des captureurs : chimioprophylaxie antipaludique et vaccination anti-malaria) - long, laborieux et coûteux - résultat dépendant fortement du personnel (attractivité, compétences professionnelles) - non utilisable en période d'épidémie d'arboviroses - problèmes d'acceptabilité des captureurs dans les foyers ou les enceintes militaires.

ANNEXE V

PROTOCOLE DES ANALYSES AU GRANULOMÈTRE LASER

Protocole des analyses au granulomètre laser

Définition :

Granulométrie laser : le granulométrie laser est une technique de mesure qui consiste à analyser la taille des particules (poudres, suspensions et émulsions) en utilisant le principe de diffraction (théorie de Fraunhofer) et/ou de diffusion (théorie de Mie) d'un faisceau laser, selon la taille de la particule.

1) Préparation :

- Prélever 20 g de chaque échantillon (attention à mettre le minimum de matière organique) ;
- Dans un bécher contenant les 20 g : verser progressivement 200 ml d'H₂O₂ pour éliminer les matières organiques (si réagit trop violemment : pissette d'éthanol) ;
- Mettre le bécher sur une plaque chauffante à 80°C dès que la solution ne réagit plus trop fort ; rincer les bords avec H₂O₂ ;
- Quand la solution ne réagit plus, compléter avec de l'eau distillée jusqu'à 400 ml ; rincer les bords et le fond pour que ça ne colle pas ;
- Attendre que ça décante (rajouter de l'eau distillée si nécessaire pour pas que les échantillons se dessèchent) toujours sur la plaque (passer à 50°C pour le week-end) ;
- Quand ça a décanté : siphonner ;
- Ajouter une solution d'hexamétophosphate de sodium (dilution : 5‰ dans de l'eau distillée, NPO agitateur pendant le mélange) : en mettre 200ml ;
- Mettre à agiter pendant 2h dans un agitateur/mélangeur (permet de faire flocculer les argiles).
- Passer au tamis 6 pour éliminer les + grosses particules.

2) Analyse :

- Mettre le bécher sous un mélangeur, ajouter de l'eau distillée jusqu'à ~ 600ml ;
- Prélever avec une pipette bien au fond du bécher ; attention à ne pas laisser tomber la goutte qui contient tous les gros sédiments ;
- Réglages : taux d'obscurité et PIDS ;

- Attention : toujours remettre la pompe à 75 ;
- Entre chaque échantillon : rincer les pales du mélangeur à l'eau du robinet.

Protocole Tamis

- Prélever un échantillon de ~150g de terre ;
- Mettre à l'étuve ~24h ;
- Quand c'est sec : peser l'échantillon total sec ;
- Passer au tamis 50 μ m ;
- Laisser décanter la partie < 50 μ m ;
- Mettre à l'étuve la partie > 50 μ m ;
- Peser la partie > 50 μ m sèche ; faire la différence avec le poids total pour avoir le poids de la partie < 50 μ m ;
- Siphonner la partie < 50 μ m quand elle a bien décanté ;
- Ajouter 200ml d'héxamétaphosphate de sodium (25g/5l) et mettre à agiter 2h ;
- Ajouter 200ml d'eau distillée puis passer au granulomètre laser et éventuellement comparer avec les chiffres obtenus avec la méthode au granulomètre seul.

Ne pas oublier : passer le tamis utilisé dans une cuve à ultrasons.

Extinction du granulomètre : Module -> Pompe -> Arrêt ; Analyse -> Déconnexion du banc optique ; Éteindre l'ordinateur ; Fermer la vanne d'arrivée d'eau.

ANNEXE VI

AFFICHE DU DOCUMENTAIRE : « LES FAUCHEURS DE PALU », RÉALISÉ PAR PATRICE
DESENNE, AVRIL 2009

Affiche du documentaire : « Les faucheurs de palu », réalisé par Patrice Desenne, avril

2009

« Les faucheurs de palu » Tournage au Bénin du 8 au 17 décembre 2008

Du 8 au 17 décembre 2008, la société de production *Effervescence* tourne un documentaire au Bénin. Réalisé par Patrice Desenne, « Les faucheurs de palu » sera diffusé sur *France 5* le 25 avril 2009, journée mondiale contre cette pandémie.

Le documentaire traite des aspects économiques et sociaux de la lutte contre le paludisme, en prenant le Bénin en exemple.

L'accent sera tout d'abord mis sur les différents acteurs : publics (Programme National de Lutte contre le Paludisme...), privés (Cimenterie Lafarge...), instituts de recherche (IRD), fondations (Zinsou...), organisations/institutions internationales (PlaNat Finance, Fonds mondial...), ONG, industries pharmaceutiques...

La question des réseaux de financement (dimension rurale, nationale et internationale) et celle de la distribution (des traitements et des dispositifs préventifs tels que les moustiquaires imprégnées) seront ensuite abordées. Enfin, le documentaire s'interrogera sur la pérennité des initiatives mises en œuvre.



Dans le cadre de ce documentaire, le réalisateur a suivi les chercheurs de l'UR 10 « Santé de la mère à l'enfant en milieu tropical : épidémiologie génétique et périnatale » sur leur terrain, dans la région de Tori-Bossito. En effet, dans cette zone, les chercheurs de l'IRD tentent d'identifier les déterminants génétiques, biologiques et environnementaux de la survenue des premières infections palustres chez le nouveau-né. Environ 550 enfants, provenant de 9 villages, sont suivis, de façon mensuelle et trimestrielle.

L'équipe de tournage a assisté aux consultations de nouveau-nés dans deux villages : Tori Avamé et Gbetaga. Ils ont pu recueillir le témoignage de mères inscrites au dispositif de suivi et observer quelques manipulations en laboratoire (goutte épaisse...).



La diffusion du documentaire est programmée en France le 25 avril 2009, journée mondiale contre le paludisme. A cette occasion, l'IRD souhaite organiser différentes activités au Centre Culturel Français de Cotonou (diffusion sur grand écran, suivie d'une discussion/débat avec les chercheurs et le réalisateur...).



© IRD/C. Duos