



ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES ÉCONOMIQUES,
JURIDIQUES, POLITIQUES ET DE GESTION
Université Clermont Auvergne

Ecole Doctorale des Sciences Economiques, Juridiques, Politiques et de gestion
Centre d'Etudes et de Recherche sur le Développement International (CERDI)

Université Clermont Auvergne, CNRS, IRD, CERDI, F-63000 Clermont-Ferrand, France

ESSAIS SUR L'ECONOMIE DU PALUDISME AU SAHEL : ETUDES DE CAS AU MALI ET AU BURKINA FASO

Thèse présentée et soutenue publiquement le 19 février 2020 pour l'obtention du titre de Docteur
en Sciences Economiques

par

Hamidou NIANGALY

sous la direction de Martine AUDIBERT et de Josselin THUILLIEZ

Membres du Jury

Pascale PHELINAS	Directrice de recherche, IRD, CESSMA/CERDI	Présidente du jury
Sandrine MESPLE-SOMPS	Directrice de recherche, IRD, UMR LEDa, équipe DIAL (Université Paris-Dauphine CNRS, IRD)	Rapporteur
Jérôme WITTEWER	Professeur, BPH, Département de santé publique, Université de Bordeaux	Rapporteur
Abdoulaye DJIMDE	Professeur titulaire, MRTC, USTTB	Suffragant
Issaka SAGARA	Maître de recherche, MRTC, USTTB	Suffragant
Martine AUDIBERT	Directrice de recherche émérite, CERDI-CNRS	Directrice de thèse
Josselin THUILLIEZ	Chargé de recherche, CES-CNRS	Directeur de thèse

L'université d'Auvergne n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à l'auteur.

DEDICACE

A notre regretté Professeur Ogobara K. DOUMBO !

Nous avons entrepris cette formation sous l'impulsion de vos conseils avisés et la conduisons sous votre assistance. Hélas, vous ne serez pas au rendez-vous pour l'appréciation de l'aboutissement du projet, auquel vous teniez profondément, car la nature en a décidé autrement. Qu'il nous soit permis, d'espérer d'avoir été à la hauteur de vos attentes.

REMERCIEMENTS

La réalisation de cette thèse a été une aventure passionnante et riche en enseignements, tant sur le plan professionnel qu'en termes de relation humaine ; elle a été aussi un moment de sollicitation et de privation.

Je tiens tout d'abord, à remercier mes directeurs, Martine AUDIBERT et Josselin THUILLIEZ et leur exprimer ma profonde gratitude, pour m'avoir fait confiance malgré mon parcours académique atypique. Josselin, que j'ai rencontré plutôt, dans le cadre d'une collaboration entre le MRTC et le CES autour d'un projet en 2010, ce qui a, par la suite, matérialisé mon intérêt pour les sciences économiques. J'ai rencontré Martine en 2012, dans le cadre de la formation en économie de la santé du CERDI, cela a fortement contribué dans l'orientation de mes futures recherches. Tout au long de la réalisation de cette thèse, j'ai bénéficié de vos conseils précieux, soutiens inestimables et expertises respectives en économie.

J'adresse mes sincères remerciements à Mme Pascale PHELINAS, Mme Sandrine MESPLESOMPS et au Pr. Jérôme WITTEWER qui, malgré leurs multiples occupations (recherches, enseignements etc.) ont chaleureusement accepté d'être membre de ce jury de thèse. Je vous exprime ma profonde gratitude.

J'exprime ma profonde gratitude au Pr. Abdoulaye DJIMDE, qui a été mon directeur de thèse de médecine et Dr Issaka SAGARA avec qui j'ai fait mes premiers pas en biostatistiques. Vos apports ont été déterminants dans la réalisation de cette thèse, à travers la mise à disposition des moyens logistiques pour la phase d'enquêtes, les arrangements administratifs et les conseils dans vos domaines respectifs.

Cette thèse a été financée par la FERDI. Je remercie particulièrement M. Patrick DOGER pour sa bienveillance et M. Christophe ANGELY pour avoir accepté de prolonger le financement à ma dernière année de thèse. Mes remerciements également au personnel administratif de la FERDI avec qui j'ai pu échanger, Mme Brigitte VEISSAIRE, Mme Kelly LABART et Mme Emilie FABREGUETTES pour vos disponibilités.

Je remercie, le CERDI pour l'accueil et m'avoir offert un cadre approprié de recherches. Mes sincères remerciements à Mme Chantal BRIGE-UKPONG, Mme Marie HUC VIALARD, M.

Johan GUIOT et Mme Martine BOUCHUT qui ont facilité mon séjour au CERDI à travers la mise à disposition des informations et ressources nécessaires.

Je remercie mes collègues doctorants et anciens doctorants qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réalisation de cette thèse à travers les échanges fructueux que nous avons eus, mais aussi des moments agréables partagés ensemble. Mes pensées vont particulièrement à Yann TAPSOBA, Fatoumata FAYE, Ababacar GUEYE, Maimouna DIAKITE, Constantin Thierry COMPAORE, Axelle KERE, Afrika NDONGOZI NSABIMANA, Alou Adégé DAMA et Yoro DIALLO.

Pour la réalisation de cette thèse, j'ai été accueilli dans les locaux de Save the Children de Sikasso, l'Institut de Recherche pour le Développement de Bobo-Dioulasso, travaillé avec des personnes que je remercie sincèrement pour leurs franches collaborations. Je pense à Dr. Hawa DIARRA, Dr. Yeha DICKO, Dr. Franck YAO, Florence FOURNET, Amal DAHOUNTAO GLELE.

Je remercie mes collègues du MRTC, Moussa DJIMDE, Boubou SANGARE (*in memoriam*), Siaka GOITA, Allaye TOLO, Mohamed ALHOUSSEINI, Issiaka TOURE, Cheick Oumar GUINDO, Amadou TOGO, Bakary SIDIBE, Aliou TRAORE et Nouhoum DIALLO, pour la contribution aux enquêtes et la lecture du document.

Mes sincèrement remerciements à mes parents pour leurs soutiens, particulièrement à mon père. Je me permets de citer Moussa, Altiné, Boukary, Aly, Ousmane et Moumoune.

A ma belle famille au Mali et en France, merci pour les soutiens constants.

Mes sincères remerciements à mon épouse Abibatou DAMA et mes enfants Wélihoré Fatoumata, Yatimé Binta, Assiwé Amadou et Oumou pour avoir supporté tant d'années de privation !

Ma profonde reconnaissance à mon grand frère Philippe DARA et famille à Paris, pour l'hospitalité et la disponibilité.

Je remercie ma cousine Kounisou NIANGALY pour avoir facilité mon séjour à Clermont-Ferrand.

Je n'ai pas été dépaysé pendant mon séjour à Clermont-Ferrand, dont l'architecture du paysage me manquera certainement, car la communauté malienne d'Auvergne m'a permis de remémorer les mœurs maliennes à travers Djibril YALCOUYE, Mohamed Lamine TRAORE et Amadou COULIBALY dit Binkè. Merci !

RESUME

La mise en œuvre des objectifs du millénaire (OMDs) a permis de réaliser des progrès importants, mais irréguliers entre les pays. Les pays de l'Afrique sub-Saharienne restent caractérisés par des proportions élevées d'extrême pauvreté (41%), d'enfants non scolarisés (20%), de mortalité infantile (81,3 décès pour 1000 naissances vivantes) et un poids élevé de maladies transmissibles dans la charge globale de la maladie, dont le paludisme. A cela, s'ajoute un niveau de fécondité élevé avec ses conséquences économiques potentielles. Dans le but de rendre plus global et durable le développement, de nouveaux objectifs ont été définis pour l'horizon 2030 (ODDs), au sein desquels, la santé et l'éducation ont été ciblées dans toutes leurs dimensions et de façon plus transversale. En ce qui concerne le paludisme, il s'agit de stopper sa progression et d'inverser sa tendance, mais aussi d'intégrer la lutte contre le paludisme dans une perspective plus vaste d'accès à la couverture universelle de santé. Pour l'éducation, l'objectif est d'assurer une éducation de qualité et équitable à tous les enfants dans le monde, à tous les niveaux du cycle de l'éducation, y compris l'encadrement de la petite enfance qui avait été occulté lors des OMDs. Cette thèse s'attache à analyser des aspects du développement liés à ces enjeux globaux.

Malgré l'afflux de financements destinés au paludisme avec la création en 2002 du Fonds mondial, le paludisme reste encore la principale cause des motifs de consultation en Afrique sub-Saharienne. Cette thèse se focalise sur le Mali et le Burkina Faso. Ayant une formation de médecin malien à l'origine, je me suis intéressé aux enjeux principaux auxquels mon pays est confronté sur le plan de la santé. J'ai exercé diverses fonctions à tous les échelons de l'offre de soins au Mali et je connais bien le système de santé malien. Plus récemment, j'ai été affecté dans une direction régionale de la santé du Mali, comme économiste de la santé pour aider dans l'amélioration du système local de santé, ce qui a nécessité un arrêt temporaire de ma thèse en 2018. Ces enjeux touchent non seulement le Mali mais plus largement le sahel dans son ensemble, d'où l'inclusion du Burkina Faso dans l'étude. Je viens d'une région proche du Burkina Faso et ai piloté plusieurs études cliniques dans la sous-région, dont certaines à la frontière avec le Burkina Faso. Je me suis rapidement rendu compte que nos pays avaient un manque flagrant dans ce domaine. J'en ai donc discuté avec le Professeur Ogobara Doumbo, directeur du Malaria Research and Training Center, un centre de référence sur le paludisme à la fin de ma formation en médecine. J'ai voulu compléter cette formation et le Professeur Doumbo m'a recommandé à l'Université Paris 1, Université avec laquelle il avait des liens. J'ai donc commencé des études tardives en économie à l'Université Paris 1 en Master 1, études que j'ai prolongées en Master 2 et en thèse au CERDI.

Au Mali et au Burkina-Faso, pays qui constituent donc le cadre de cette thèse, le paludisme représentait en 2014, respectivement 40% et 48 % des consultations médicales. Les enfants de moins 5 ans payent le plus lourd tribut, avec 56,4% et 38% de décès liés au paludisme respectivement au Mali et Burkina Faso (INS 2014, INSD, 2017 ; PNLP INS, Info-Stat, INRSP 2015). Bien qu'il ait diminué dans les deux pays, la diminution de l'incidence du paludisme chez

les enfants de moins de cinq ans entre 2000 et 2015 a été bien moindre au Mali (5,9%) qu'au Burkina Faso (37,4%). Venant d'un centre de recherche se focalisant sur le paludisme, et compte tenu de l'ampleur de cette maladie dans ces deux pays, il était donc naturel pour moi de me focaliser sur cette maladie. Les enjeux sociaux et économiques du contrôle du paludisme sont évidents mais manquent de preuves claires au Sahel.

La lutte contre le paludisme revêt des enjeux qui vont bien au-delà de la santé. Notamment, l'élimination du paludisme pourrait entraîner une expansion démographique de la franche d'âge jeune non productive (Lucas 2013), nécessitant ainsi des ressources supplémentaires pour investir dans cette nouvelle cohorte. Cette question démographique inclue également d'autres enjeux pour l'Afrique, en pleine explosion démographique (dividende démographique, éducation, pression sur les systèmes de santé ou le service public de façon générale). Il semble alors opportun d'analyser l'effet démographique de l'élimination du paludisme, afin d'anticiper les conséquences économiques qui en découleront. Ces effets restent mal compris malgré différentes études sur cette question (Bleakley, 2009 ; Lucas 2013 entre autres) et il est donc toujours d'actualité de les analyser, cela d'autant plus que les autres études principales n'ont pas été réalisées en Afrique. **Cette question fait l'objet du chapitre 1.** Ce chapitre peut être considéré comme une tentative exploratoire réalisée au début de ma thèse, phase où je consolidais mes acquis en économétrie. Ce chapitre est loin d'être parfait sur le plan de l'estimation causale. Il se fonde sur des données classiques de démographie et de santé qui présentent également des limites pour des évaluations quasi-expérimentales.

La maladie, en plus d'affecter la fécondité, impacterait également d'autres facteurs économiques, (Audibert 1986 ; Jeon and Pohl 2017 ; Fink and Masiye 2015). Plusieurs auteurs s'accordent sur l'effet négatif du paludisme au niveau microéconomique (Audibert et al. 2003 ; Clarke et al. 2017 ; Deressa, Hailemariam, and Ali 2007a ; Dillon, Friedman, and Serneels 2014 ; Fink and Masiye 2015 ; Konradsen et al. 1997 ; Morel et al. 2008 ; Onwujekwe, Chima, and Okonkwo 2000 ; Singh et al. 2019). Il est donc logique d'attendre de la diminution du paludisme qu'elle entraîne une amélioration des conditions socioéconomiques des ménages, notamment le revenu et l'investissement dans l'éducation. Cependant ces effets restent à confirmer. **Le chapitre 2 de cette thèse cherche à donner un éclairage complémentaire sur ces questions à partir d'une étude randomisée faite au niveau local.**

Enfin, une fois les effets économiques de la maladie abordés, il semble logique de s'intéresser aux politiques de contrôle. Des questions comportementales, de mise en place, d'information et de subvention se pose. En effet, malgré de nombreux succès enregistrés dans la lutte contre le paludisme entre 2000 et 2015, des efforts importants restent à faire pour atteindre l'objectif de l'élimination à l'horizon 2030. La conférence de reconstitution des fonds du Fonds Mondial en 2019 a bien souligné ces enjeux si la communauté internationale veut éviter que les efforts des dernières décennies soient anéantis (Josselin Thuilliez et al. 2020). Outre la mobilisation accrue de ressources pour atteindre l'objectif d'élimination du paludisme à l'horizon 2030, il s'avère nécessaire de développer de nouvelles stratégies afin d'améliorer l'efficacité dans l'utilisation

des ressources, y compris au niveau de la demande des soins du paludisme. Notamment, la prévention du paludisme (moustiquaires) n'est pas toujours utilisée de façon appropriée malgré une distribution gratuite de plus en plus généralisée. Les taux d'utilisation plafonnent souvent entre 50% et 70% de la population à risque. Les problèmes d'information peuvent s'avérer un enjeu stratégique suite à la mise en place de la gratuité. Cette information concerne leur disponibilité, le mode de leur accessibilité, mais aussi l'ignorance de leurs effets bénéfiques. Il est par conséquent, important de trouver des stratégies spécifiques pour améliorer l'utilisation des mesures de lutte contre le paludisme. **Le chapitre 2 s'attache en partie à aborder ce sujet et est complété par le chapitre 3 qui se focalise principalement sur cette question d'information.**

De façon plus large et pour correspondre mieux aux ODDs, des stratégies intégrées sont promues par la Banque Mondiale et les autres organismes internationaux. Notamment, le développement de la petite enfance constitue un des enjeux majeurs du développement, auquel font face bon nombre des pays en développement. En 2010, 66% d'enfants en Afrique subsaharienne étaient en risque de mauvais développement, à cause du poids des maladies telles que le paludisme, l'anémie (liée au Paludisme mais pas seulement), mais aussi faute d'un environnement socioéconomique favorable (Chunling Lu, 2016). Les vécus, cognitif, socio-émotionnel et physique, lors de la petite enfance influencent le bien-être, la santé, l'apprentissage, mais aussi, la participation économique tout au long de la vie (Reynolds J. Arthur et al. 2001 ; Karoly et al. 2005 ; Linda et al. 2017). L'anémie étant multicausale, l'impact de plusieurs stratégies combinées – par exemple la supplémentation en micronutriments, la chimioprévention du paludisme saisonnier (CPS, le déparasitage) - serait plus élevé que celui d'une stratégie isolée. Cela rejoint également l'idée des ODDs. J'ai été intégré dans une étude de ce type, en lien avec la Banque Mondiale, Save the Children et d'autres institutions. Cette étude est un essai randomisé à large échelle, qui constitue donc le dernier chapitre (chapitre 4) de cette thèse, incluant une analyse de coût. En plus des effets potentiellement bénéfiques pour la santé, les centres de développement de la petite enfance (CDPE à base communautaire amélioreraient probablement le développement cognitif et l'apprentissage. Au Mali, suite à l'engagement de l'Etat à atteindre une couverture de 15% en établissements préscolaires, Save the Children a créé des CPDE dans une zone où les prévalences de l'anémie et le paludisme sont élevées. Pour de meilleures orientations des politiques en matière d'éducation et de santé, il s'avère nécessaire d'évaluer l'impact et le coût des programmes de développement de la petite enfance afin de considérer cette stratégie comme une stratégie complémentaire aux politiques d'éducation.

Au total, cette thèse aborde donc les questions du développement économique lié au paludisme, en se focalisant d'abord sur les conséquences des campagnes de lutte contre le paludisme, depuis la mise en route des OMDs sur la fécondité puis elle analyse les contraintes économiques liées au paludisme sur l'investissement des ménages dans l'éducation de leurs enfants. Elle identifie ensuite des stratégies novatrices pour l'utilisation appropriée des stratégies

de prévention. Enfin, elle évalue l'impact et les coûts d'un ensemble de stratégies de santé sur le développement de la petite enfance.

Plus précisément, et pour récapituler ce qui a été indiqué ci-dessus, cette thèse s'articule autour de quatre chapitres :

- **Le premier chapitre** analyse l'impact des campagnes de lutte contre le paludisme entre 2006 et 2012 sur la fécondité au Mali. L'indicateur de fécondité provient des enquêtes démographiques et de santé qui est le nombre total d'enfants nés vivants par femme à chaque période de l'enquête. L'indicateur du paludisme est la prévalence du *Plasmodium falciparum* chez les enfants de 2 à 10 ans estimée par le Malaria Atlas Project en utilisant les méthodes géostatistiques bayésiennes à partir d'informations incluant les données paludométriques provenant d'enquêtes (EDS, publications, littérature grise (rapports, thèse...) et données non publiées ; des données administratives et des coordonnées GPS (Gething et al. 2011; Guerra et al. 2007; Patil et al. 2011). **Cette étude sera soumise à une revue d'économie de la santé, même si nous sommes conscients de ses limites.**
- **Le deuxième chapitre** s'intéresse au lien entre le paludisme, le revenu du ménage et l'investissement dans l'éducation à partir de données d'enquêtes menées dans un village du Mali entre juillet et décembre 2016. La valeur monétaire des animaux (volaille) est utilisée comme proxy du revenu ménage. Les dépenses faites dans l'éducation scolaire incluant les frais de scolarité, les fournitures scolaires (cahiers, livres, stylo, matériels géométriques...), les moyens de transport et les frais de soutien scolaire hors programme sont considérées pour mesurer l'investissement des ménages dans l'éducation scolaire de leurs enfants. Les ménages ont été répartis aléatoirement en quatre groupes, selon type d'intervention. Le dépistage du paludisme a été fait par la microscopie chez les enfants de 3 mois à 5 ans. L'une des originalités de cette étude est de se focaliser sur deux ethnies vivant en sympatrie, les peulhs et les dogons, qui ont malheureusement attiré l'attention de la communauté internationale en 2019 à cause de conflits résurgents. **Cette étude sera soumise à la *Revue d'économie du Développement*.**
- **Le troisième chapitre** analyse l'effet de messages de rappels et d'informations aux chefs des ménages sur l'utilisation et l'adoption de la stratégie moustiquaire imprégnée en utilisant une plateforme de téléphonie mobile dans quatre quartiers ayant des caractéristiques socioéconomiques différentes à Bobo Dioulasso au Burkina Faso. Les ménages ont été assignés aléatoirement à cinq groupes selon la fréquence et le type de messages. L'aspect innovant ici est que l'équipe a envoyé des messages de façon intermittente – pendant la saison de transmission – pour limiter le coût de l'intervention. Elle utilise également de nouveaux marqueurs d'utilisation des moustiquaires très innovant en utilisant des puces de

détection des mouvements. **Cette étude, probablement la plus aboutie avec le chapitre 4, est en cours d'évaluation dans la revue *Management Sciences*¹.**

- **Le quatrième chapitre** analyse l'impact et le coût d'un ensemble de stratégies en santé sur l'amélioration du développement de la petite enfance dans une zone de forte transmission du paludisme et de prévalence élevée de l'anémie, à Sikasso au sud du Mali. Les stratégies ciblaient les principales maladies qui affectaient la santé de l'enfance au Mali (paludisme, parasitoses intestinales, malnutrition, anémie) et les conditions socioéconomiques défavorables, non stimulant afin de diminuer la prévalence de l'anémie, améliorer les performances cognitives et la maturation scolaire. Une assignation aléatoire de chaque stratégie dans 60 communautés (village) a été faite. Le coût des différentes stratégies a été évalué dans la perspective du fournisseur pour un horizon relativement court. **Cette étude devrait faire l'objet d'une soumission prochaine dans une revue biomédicale de référence (*Lancet Global Health* ou *BMJ Global Health*).**

Les principaux résultats de nos recherches sont les suivants :

1. Le paludisme aurait un effet négatif sur la fécondité. Autrement dit, l'élimination du paludisme entraînerait une augmentation de la fécondité (chapitre 1). L'effet est de l'ordre de 0,24 enfant supplémentaire pour une diminution d'un point de pourcentage de l'infection palustre. Alors, la diminution de 16% observée de l'infection palustre entre 2006 et 2012 au Mali aurait entraîné une augmentation de 3,68 enfants de plus chez les dogons (groupe de traitement) que les peulhs (groupe de contrôle). Les décès d'enfants, avortements, fausses couches et le niveau d'éducation des femmes étaient les principaux facteurs qui contribuaient à l'effet du paludisme sur la fécondité.
2. Le revenu des ménages est soumis aux contraintes de pertes économiques liées au paludisme (coûts directs, dépenses de soins, et/ou perte de productivité) ; le relâchement de ces contraintes améliorerait l'investissement dans l'éducation des enfants (chapitre 2). Notre intervention (MILD + Information) a permis aux ménages d'épargner 3194 F CFA (5 euros) et de faire des dépenses supplémentaires de 2863 F CFA (4 euros) plus dans l'éducation des enfants.
3. Le problème d'utilisation inappropriée des soins préventifs du paludisme, peut être résolu en diffusant des messages d'information à l'endroit des membres clés des ménages (chef de ménage ou les mères), au moyen de la méthode classique de sensibilisation en santé ou à travers leur diffusion par la plateforme de téléphonie mobile (chapitre 3). Ce chapitre montre dans un contexte urbain et avec un taux d'utilisation des moustiquaires au départ élevé, qu'il est possible d'améliorer encore les stratégies actuelles. L'intervention

¹ <https://mc.manuscriptcentral.com/>

permettait d'augmenter l'utilisation des moustiquaires entre 4,6 et 6 points de pourcentage selon le type de supports de diffusion des messages utilisés.

4. Les stratégies intégrées de lutte contre les maladies (micronutriments, CPS, déparasitage), la mise en place des CDPE et de l'éducation parentale n'ont pas eu d'impact sur le développement de la petite enfance. Le coût de la mise en œuvre de ces stratégies était cependant limité.

En conclusion, le paludisme constitue un poids pour le développement économique, à travers des effets sur la fécondité et le revenu, pénalisant ainsi potentiellement l'investissement dans l'éducation. **Nos résultats contribuent donc à la littérature existante sur l'effet du paludisme sur le développement économique.**

Mots clés : Paludisme, Fécondité, Education, Information, MILD, Chimio-prévention du paludisme saisonnier, Micronutriments, Anémie, Cognition, Développement de la petite enfance, Coût, Sahel.

ABSTRACT

The implementation of the Millennium Development Goals (MDGs) has led to significant progress, but uneven progress between countries. Sub-Saharan African countries continue to be characterized by high proportions of extreme poverty (41%), out-of-school children (20%), child mortality (81.3 deaths per 1,000 live births) and a high burden of communicable diseases in the overall disease burden, including malaria. In addition, there is a high level of fertility with its potential economic consequences. In order to make development more global and sustainable, new objectives have been defined for the horizon 2030 (SDGs), within which health and education have been targeted in all their dimensions and in a more transversal way. As far as malaria is concerned, the aim is to stop and reverse its progression, but also to integrate the fight against malaria into a broader perspective of access to universal health coverage. For education, the objective is to ensure quality and equitable education for all children in the world, at all levels of the education cycle, including early childhood care, which had been overlooked during the MDGs. This thesis focuses on analyzing aspects of development related to these global challenges.

Despite the influx of funding for malaria with the creation of the Global Fund in 2002, malaria is still the main reason for consultations in sub-Saharan Africa. This thesis focuses on Mali and Burkina Faso. Originally trained as a Malian doctor, I was interested in the main health

issues facing my country. I have held various positions at all levels of health care provision in Mali and am familiar with the Malian health system. More recently, I was assigned to a regional health directorate as a health economist to help improve the local health system, which necessitated a temporary interruption of my thesis in 2018. These issues affect not only Mali but the Sahel as a whole, hence the inclusion of Burkina Faso in the study. I come from a region close to Burkina Faso and have piloted several clinical studies in the sub-region, including some on the border with Burkina Faso. I quickly realized that our countries had a glaring lack in this area. So I discussed it with Professor Ogobara Doumbo, Director of the Malaria Research and Training Center, a malaria reference center at the end of my medical training. I wanted to complete this training and Professor Doumbo recommended me to the University of Paris 1, a university with which he had links. So I started late studies in economics at the University of Paris 1 in Master 1, which I extended in Master 2 and in thesis at CERDI.

In Mali and Burkina-Faso, the countries that form the framework of this thesis, malaria represented in 2014, respectively 40% and 48% of medical consultations. Children under 5 years of age pay the heaviest price, with 56.4% and 38% of malaria-related deaths in Mali and Burkina Faso respectively (INS 2014, INSD, 2017; NMCP INS, Info-Stat, INRSP 2015). Although decreasing in both countries, the decrease in malaria incidence in children under five between 2000 and 2015 was much less in Mali (5.9%) than in Burkina Faso (37.4%). Coming from a research centre focusing on malaria, and given the magnitude of the disease in both countries, it was therefore natural for me to focus on this disease. The social and economic stakes of malaria control are obvious but lack clear evidence in the Sahel.

The fight against malaria involves much more than just health issues. In particular, the elimination of malaria could lead to a demographic expansion of the unproductive youth cohort (Lucas 2013), thus requiring additional resources to invest in this new cohort. This demographic issue also includes other challenges for Africa, which is in the midst of a demographic explosion (demographic dividend, education, pressure on health systems or the public service in general). It therefore seems appropriate to analyze the demographic effect of malaria elimination in order to anticipate the economic consequences that will follow. These effects remain poorly understood despite various studies on this issue (Bleakley, 2009; Lucas 2013 among others) and it is therefore still relevant to analyze them, all the more so as the other main studies have not been

carried out in Africa. **This question is the subject of Chapter 1**, which can be seen as an exploratory attempt made at the beginning of my thesis, when I was consolidating my knowledge in econometrics. This chapter is far from perfect in terms of causal estimation. It is based on conventional demographic and health data that also have limitations for quasi-experimental evaluations.

The disease, in addition to affecting fertility, would also impact other economic factors, (Audibert 1986; Jeon and Pohl 2017; Fink and Masiye 2015). Several authors agree on the negative effect of malaria at the microeconomic level (Audibert et al. 2003; Clarke et al. 2017; Deressa, Hailemariam, and Ali 2007a; Dillon, Friedman, and Serneels 2014; Fink and Masiye 2015; Konradsen et al. 1997; Morel et al. 2008; Onwujekwe, Chima, and Okonkwo 2000; Singh et al. 2019). It is therefore logical to expect that malaria reduction will lead to improvements in household socioeconomic conditions, including income and investment in education. However, these effects have yet to be confirmed. Chapter 2 of this thesis seeks to shed additional light on these questions based on a randomized study carried out at a local level.

Finally, once the economic effects of the disease have been addressed, it seems logical to look at control policies. Behavioural, implementation, information and subsidy issues arise. Indeed, despite the many successes recorded in the fight against malaria between 2000 and 2015, major efforts are still needed to achieve the goal of elimination by 2030. The Global Fund's replenishment conference in 2019 clearly underlined these challenges if the international community is to avoid the efforts of the last few decades being wiped out. In addition to the increased mobilization of resources to reach the goal of eliminating malaria by 2030, it is necessary to develop new strategies to improve efficiency in the use of resources, including in the demand for malaria care. In particular, malaria prevention (bednets) is not always used appropriately despite increasingly widespread free distribution. Utilization rates often peak between 50% and 70% of the population at risk. Information problems may prove to be a strategic issue following the introduction of free distribution. This information concerns their availability, the mode of their accessibility, but also ignorance of their beneficial effects. It is therefore important to find specific strategies to improve the use of malaria control measures. **Chapter 2 addresses this topic in part and is complemented by Chapter 3, which focuses mainly on this information issue.**

To a greater extent and to better correspond to the SDGs, integrated strategies are being promoted by the World Bank and other international agencies. Notably, early childhood development is one of the major development issues, with the front of many developing countries. In 2010, 66% of children in sub-Saharan Africa were at risk of poor development, due to the burden of diseases such as malaria, anaemia (related to malaria but not only), but also due to the lack of a favorable socio-economic environment (Chunling Lu, 2016). The cognitive, socio-emotional and physical experiences of early childhood influence well-being, health, learning and economic participation throughout life (Reynolds J. Arthur et al.2001; Karoly et al.2005; Linda et al.2017). Because anaemia is multi-causal, the impact of several combined strategies - for example, micronutrient supplementation, seasonal malaria chemoprevention (SMC, deworming) - would be higher than that of a single strategy. This is also in line with the idea of SDGs. I was included in a model study, in conjunction with the World Bank, Save the Children and other institutions. This study is a large-scale randomized trial, which is therefore the last chapter (chapter 4) of this thesis, including a cost analysis. In addition to the potentially beneficial effects on health, the community-based Early Childhood Development Center (ECDCs) probably improved cognitive development and learning. In Mali, following the government's commitment to achieving 15 per cent coverage in preschools, Save the Children established ECDCs in an area with high prevalence of anaemia and malaria. For better policy guidance in education and health, there is a need to assess the impact and cost of ECD programs in order to consider this strategy as a complementary strategy to education policies.

In total, this thesis therefore addresses the issues of malaria-related economic development, focusing first on the consequences of malaria control campaigns since the MDGs on fertility and then analyses the economic constraints related to malaria on household investment in the education of their children. It then identifies innovative strategies for the appropriate use of prevention strategies. Finally, it assesses the impact and costs of a range of health strategies on early childhood development.

More precisely, and to recapitulate what has been indicated above, this thesis is structured around four chapters:

- **The first chapter analyses** the impact of malaria control campaigns between 2006 and 2012 on fertility in Mali. The fertility indicator comes from the Demographic and Health Surveys,

which is the total number of children born alive per woman in each period of the survey. The malaria indicator is the prevalence of *Plasmodium falciparum* in children aged 2 to 10 years estimated by the Malaria Atlas Project using Bayesian geostatistical methods based on information including malaria data from surveys (DHS, publications, grey literature (reports, thesis...)) and unpublished data; administrative data and GPS coordinates (Gething et al. 2011; Guerra et al. 2007; Patil et al. 2011). This study will be submitted to a health economics journal, although we are aware of its limitations.

- **The second chapter** examines the relationship between malaria, household income, and investment in education using survey data from a village in Mali between July and December 2016. The monetary value of animals (poultry) is used as a proxy for household income. Expenditures on school education, including school fees, school supplies (notebooks, books, pens, geometric materials, etc.), transportation and extra-curricular tutoring fees are considered to measure household investment in their children's school education. Households were randomly divided into four groups according to the type of intervention. Malaria screening was done by microscopy in children aged 3 months to 5 years. One of the originalities of this study is to focus on two ethnic groups living in sympathy, the Fulani and the Dogon, who unfortunately attracted the attention of the international community in 2019 due to resurgent conflicts. This study will be submitted to the *Journal of Development Economics*.

- **The third chapter** analyses the effect of reminder messages and information to household heads on the use and adoption of the impregnated net strategy using a mobile phone platform in four neighbourhoods with different socio-economic characteristics in Bobo Dioulasso, Burkina Faso. Households were randomly assigned to five groups according to frequency and type of messages. The innovative aspect here is that the team sent messages intermittently - during the transmission season - to limit the cost of the intervention. It also uses new and highly innovative net-use markers using motion detection chips. This study, probably the most complete with Chapter 4, is currently being evaluated in the journal *Management Sciences*.

- **The fourth chapter** analyses the impact and cost of a set of health strategies on improving early childhood development in an area of high malaria transmission and a high prevalence of anaemia in Sikasso, southern Mali. The strategies targeted the main diseases that affect child health in Mali (malaria, intestinal parasitosis, malnutrition, anaemia) and adverse, non-stimulant socio-economic conditions in order to reduce the prevalence of anaemia, improve cognitive performance and school maturation. A random assignment of each strategy in 60 communities (village) was made. The cost of the different strategies was evaluated from the provider's perspective for a relatively short time horizon. This study is expected to be

submitted in a forthcoming submission to a leading biomedical journal (Lancet Global Health or BMJ Global Health).

The main results of our research are as follows:

1. Malaria would have a negative effect on fertility. In other words, eliminating malaria would increase fertility (Chapter 1). The effect is about 0.24 additional children for a one percentage point decrease in malaria infection. Then, the 16% decrease in malaria infection observed between 2006 and 2012 in Mali, would have resulted in an increase of 3.68 more children in the Dogon (treatment group) than in the Fulani (control group). Child deaths, abortions, miscarriages, and women's level of education were the main factors contributing to the effect of malaria on fertility.
2. Household income is subject to the constraints of economic losses linked to malaria (direct costs, care expenses, and / or loss of productivity); easing these constraints would improve investment in children's education (Chapter 2). Our intervention (LLIN + Information) enabled households to save 3,194 F CFA (5 Euros) and to make additional expenses of 2,863 F CFA (4 Euros) more in the education of children.
3. The problem of inappropriate use of preventive malaria care can be addressed by disseminating information messages to key household members (head of household or mothers), using the traditional health awareness method or through dissemination via the mobile phone platform (Chapter 3). This chapter shows that in an urban context and with high initial net use, there is room for further improvement of current strategies. The intervention increased net use by between 4.6 and 6 percentage points, depending on the type of messaging means used.
4. Integrated disease control strategies (micronutrients, CPS, deworming), the introduction of ECCDs and parental education have not had an impact on early childhood development. However, the cost of implementing these strategies was limited.

In conclusion, malaria is a burden on economic development through its effects on fertility and income, potentially penalizing investment in education. **Our results therefore contribute to the existing literature on the effect of malaria on economic development.**

Keywords: Malaria, Fertility, Income, Education, Information, LLIN, Seasonal malaria chemoprevention, Micronutrients, Anemia, Cognitive, Early childhood development, Cost, Sahel.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	iii
RESUME	vi
ABSTRACT	xi
TABLE DES MATIERES	xvii
LISTE DES TABLEAUX	xxiii
LISTE DES FIGURES	xxiv
SIGLES ET ABREVIATIONS	xxvi
INTRODUCTION GENERALE	1
I. Contextes de recherche	5
I.1. Enjeux économiques de l'après élimination du paludisme	6
I.2. Déclin d'aide au financement du paludisme et défis de lutte	8
I.3. Santé, productivité, revenu et investissements scolaires	10
I.4. Santé infantile, développement cognitif, maturité scolaire et opportunité d'offre de services de santé des CDPE	12
II. Hypothèses de la thèse	14
III. Objectifs de la thèse	15
IV. Structure de la thèse	16
Chapitre 1 : IMPACT DU PALUDISME SUR LA FECONDITE, APRES SEPT ANNEES DE LUTTE AU MALI : ETUDE QUASI-EXPERIMENTALE	18
Introduction	19
1.1. Contexte	22
1.1.1. Paludisme et fécondité : canaux possibles de transmission	22
1.1.2. Lutte contre le paludisme et tendances des indicateurs de 2000 à 2012	23
1.1.3. Différence de susceptibilité au paludisme entre les groupes ethniques sympatriques	26
1.2. Spécification empirique	27
1.3. Données	29
1.4. Résultats	30
1.4.1. Analyse descriptive	30
1.4.2. Impact du paludisme sur la fécondité	31
1.4.3. Vérification de la robustesse	33
1.4.3.1. Spécifications : peulh et non-peulh	33
1.4.4. Mécanismes potentiels de l'effet du paludisme sur la fécondité	33

1.4.4.1. Préférence de fécondité	33
1.4.4.2. Rang de naissance et fécondité.....	34
1.4.4.3. Fécondité et avortements, fausses couches et mort-nés	35
1.4.4.4. Fécondité et décès d'enfants.....	35
1.4.4.5. Fécondité, nombre d'enfants par femme et nombre d'années d'éducation des femmes 36	
Conclusion	37
1.5. Limites.....	37
CHAPITRE 2 : PALUDISME, REVENU ET INVESTISSEMENT SCOLAIRE : ETUDE CONTROLEE RANDOMISEE SUR L'UTILISATION DES SOINS DU PALUDISME DANS UN VILLAGE RURAL DU MALI, BRIGA.	48
Introduction	49
2.1. Revue de la littérature.....	52
2.1.1. Paludisme et revenu.....	52
2.1.2. Revenu et éducation	55
2.1.3. Information, accessibilité et utilisation des soins de prévention du paludisme.....	56
2.2. Données et méthodes.....	57
2.2.1. Site de l'étude.....	57
2.2.2. Population, période et déroulement de l'étude.....	58
2.2.2.1. Population de l'étude.....	58
2.2.2.2. Type et période de l'étude	59
2.2.3. Mise en place de l'étude et déroulement de l'enquête	59
2.2.4. Considérations éthiques.....	60
2.2.5. Groupes de traitement et de contrôle.....	60
2.2.6. Recueils des données.....	65
2.2.6.1. Données socio-économiques	65
2.2.6.2. Données d'utilisation des moyens de prévention	70
2.2.6.3. Données médicales	70
2.3. Cadre empirique	72
2.3.1. Variables dépendantes	72
2.3.2. Variables indépendantes.....	73
2.3.3. Modèle économétrique	73
2.3.3.1. Intention de traiter (ITT)	74
2.3.3.1.1. Effet sur le revenu	74
2.3.3.1.2. Effet sur l'investissement scolaire	74

2.3.3.2. Traitement moyen local du traitement (LATE).....	75
2.4. Résultats	75
2.4.1. Analyse descriptive	75
2.4.2. Effets du paludisme sur le revenu et l'éducation	85
2.4.2.1. Intention de traitement (ITT).....	87
2.4.2.2. Effet du traitement moyen local (LATE)	91
Conclusion.....	94
2.5. Limites.....	96
2.6. Annexes.....	97
Chapitre 3 : RAPPELS, APPRENTISSAGE ET SOINS PREVENTIFS : ETUDE CONTROLEE RANDOMISEE	105
Introduction	106
3.1. Expérience randomisée.....	112
3.1.1. Motivation : la distribution gratuite de moustiquaires est-elle durable à elle seule ?	112
3.1.2. Aperçu de l'expérience	115
3.1.3. Cadrage et test des messages génériques	117
3.1.3.1. Cadrage des messages	117
3.1.3.2. Evaluation de l'impact des contenus avec les enregistreurs de mouvements	118
3.1.4. Phase.....	121
3.1.4.1. Phase 1 : Rappels SMS.....	121
3.1.4.2. Phase intermédiaire : une information sur mesure grâce à des tests de diagnostic rapide	121
3.1.4.3. Phase 2 : Rappels vocaux génériques.....	122
3.1.5. Statistiques descriptives de base : 2013 et 2016.....	122
3.2. Cadre empirique et résultats	123
3.2.1. Effet immédiat des rappels et validation des contenus : résultats des enregistreurs de mouvements	123
3.2.2. Effets à long terme sur les comportements de protection auto-déclarés lors des phases 1 et 2	124
3.2.3. Information personnalisée sur les infections grâce aux TDR et apprentissage...	127
3.2.4. Comportements d'évitement et effets locaux moyens du traitement.....	128
3.2.5. Test de la présence d'interactions stratégiques.....	128
Conclusions	130
3.2.6. Annexes	132
3.2.6.1. Tableaux.....	132

3.2.6.2. Figures, images.....	141
Chapitre 4 : IMPACT ET COUT DES INTERVENTIONS INTEGREES EN SANTE POUR L'AMELIORATION DU DEVELOPPEMENT DE LA PETITE ENFANCE : ESSAI CONTROLE RANDOMISE DANS UNE REGION DU SUD DU MALI, SIKASSO.....	156
INTRODUCTION	157
4.1. Contexte et justification.....	160
4.2. Motivations de l'étude au Mali	162
4.2.1. Programmes antérieurs de Save the Children pour améliorer la santé des enfants dans les écoles primaires et les centres de CDPE au Mali	162
4.2.2. Historique du projet.....	163
4.3. Hypothèses de recherches	165
4.4. Objectifs	165
4.4.1. Objectifs principaux	165
4.4.2. Objectifs secondaires.....	166
4.5. Matériel et méthode.....	166
4.5.1. Site d'étude.....	166
4.5.2. Population bénéficiaire cible de l'intervention	168
4.5.3. Evaluation de l'impact.....	168
4.5.3.1. Plan de l'essai.....	168
4.5.3.2. Règle d'allocation pour le traitement et les groupes de comparaison	172
4.5.3.3. Échantillon de population pour l'évaluation.....	172
4.5.4. Recueils de données et indicateurs	174
4.5.4.1. Mesure des résultats biomédicaux.....	174
4.5.4.2. Mesure des performances cognitives et des indicateurs de la maturité à l'école.	176
4.5.4.3. Procédure générale	181
4.5.4.3.1. Formation des agents de terrain à l'administration des tests cognitifs et du développement de l'enfant	182
4.5.4.4. Recueillies de données sur les covariables scolaires et domestiques.....	183
4.6. Analyses statistiques.....	183
4.6.1. Méthodes statistiques	184
4.6.2. Taille de l'échantillon	186
4.6.2.1. Estimation de la taille de l'échantillon pour les résultats de la santé.....	186
4.6.2.2. Estimation de la taille de l'échantillon pour les résultats cognitifs	187
4.6.2.3. Procédures d'échantillonnage	189
4.6.3. Evaluation du processus	191

4.7.	Analyse des coûts	191
4.7.1.	Modèle de calcul des coûts et documents de référence.....	192
4.7.1.1.	Structure du modèle SECT.....	193
4.7.1.2.	Orientation sur l'utilisation du modèle SECT.....	193
4.7.2.	Coût des interventions	194
4.7.2.1.	Coûts analysés et paramètres de coûts	195
4.7.2.2.	Analyse des données de coûts	197
4.7.3.	Méthodes de collecte de données	198
4.7.4.	Analyse des coûts	200
4.7.4.1.	Bénéficiaires des programmes.....	201
4.7.4.2.	Coûts total et unitaire	201
4.7.4.3.	Période d'annualisation et d'amortissement.....	201
4.7.4.4.	Analyse de sensibilité.....	201
4.8.	Considérations éthiques.....	202
4.8.1.	Approbation éthique.....	202
4.8.2.	Consentement éclairé	202
4.8.3.	Sécurité du patient	203
4.8.4.	Autres considérations éthiques.....	204
4.9.	Résultats	204
4.9.1.	Analyse descriptive	204
4.9.2.	Couverture et acceptabilité.....	204
4.9.2.1.	Fortification à domicile avec des poudres de micronutriments.....	204
4.9.2.1.1.	Couverture.....	205
4.9.2.1.2.	Acceptabilité	206
4.9.2.2.	Couverture de la CPS	206
4.9.2.3.	Couverture de soins et développement de la petite enfance.....	206
4.9.2.3.1.	Inscription d'enfants au CDPE.....	207
4.9.2.3.2.	Participation à des sessions d'information pour les parents.....	208
4.9.3.	Caractéristiques des enfants et des ménages enquêtés	208
4.9.3.1.	Enfants de la cohorte de cinq ans	208
4.9.3.2.	Enfants de la cohorte de trois ans.....	210
4.9.4.	Effet de l'intervention de PMN sur les indicateurs biomédicaux chez les enfants âgés de 5 ans	212
4.9.4.1.	Effet de l'intervention du PMN sur l'anémie	213
4.9.4.2.	Effet de l'intervention de PMN sur les autres indicateurs nutritionnels.....	214

4.9.5. Effet de l'intervention de PMN sur les indicateurs biomédicaux chez les enfants âgés de trois ans	215
4.9.5.1. Effet de l'intervention de PMN sur l'anémie	215
4.9.5.2. Effet de l'intervention du PMN sur d'autres indicateurs nutritionnels	216
4.9.6. Impact sur la fonction cognitive	216
4.9.6.1. Effet de l'intervention de PMN sur les performances cognitives et la maturité scolaire chez les enfants âgés de cinq ans en juillet 2016	216
4.9.6.2. Effet de l'intervention de PMN sur les performances cognitives et la maturité scolaire chez les enfants âgés de 3 ans	218
4.9.7. Coûts des interventions	219
4.9.7.1. Bénéficiaires	219
4.9.7.2. Coûts total et unitaire	220
4.9.7.3. Analyse de sensibilité	220
4.9.7.3.1. Intervention PMN	221
4.9.7.3.2. Programme CDPE	221
4.10. Discussion et conclusion	226
4.11. Limites	227
CONCLUSION GENERALE	229
REFERENCES	233

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. I : Statistiques descriptive.....	39
Tableau 1. II : Effet du paludisme sur la fécondité.....	40
Tableau 1.III : Effet du paludisme sur la fécondité en utilisant les ethnies non-peulh comme groupe traité	41
Tableau 1. IV : Effet du paludisme sur la préférence de fécondité.....	42
Tableau 1.V : Effet du paludisme sur la fécondité selon l'ordre de naissance.....	43
Tableau 1. VI : Effet du paludisme sur la fécondité chez les femmes ayant perdu au moins une grossesse (avortements, fausse couche, mort-né).....	44
Tableau 1. VII : Effet du paludisme sur la fécondité selon le décès d'enfants.....	45
Tableau 1.VIII: Effet du paludisme sur la fécondité selon le nombre d'enfants par femme et le nombre d'années d'éducation des femmes.....	46
Tableau 1. IX : Estimations MCO de l'effet du paludisme sur la fécondité.....	47
Tableau 2. I : Synthèse de messages d'informations passés par cible.....	64
Tableau 2. A 1 : Comparaison des indicateurs du paludisme entre chaque groupe de traitement et son groupe de contrôle.....	97
Tableau 2. A 2 : Comparaison des caractéristiques des ménages chaque groupe de traitement et son groupe de contrôle.....	98
Tableau 2. A 2 : Comparaison des caractéristiques des ménages chaque groupe de traitement et son groupe de contrôle (suite).....	99
Tableau 2. II : Effets des traitements sur le revenu et les dépenses d'éducation sans variables de contrôle (ITT).....	101
Tableau 2. III : Effets du paludisme sur le revenu et l'investissement scolaire avec variables de contrôle (ITT).....	102
Tableau 2. IV : Effets du paludisme sur le revenu et investissement scolaire sans variables de contrôle (LATE).....	103
Tableau 2. V : Effets du paludisme sur le revenu et investissement scolaire avec des variables de contrôle (LATE).....	104
Tableau 3. I : Répartition des enregistreurs de données de mouvement entre les groupes randomisés.....	132
Tableau 3.II : Caractéristiques de base pour les variables sélectionnées en 2013.....	133
Tableau 3. III : Caractéristiques de base pour les variables sélectionnées en 2016.....	134
Tableau 3. IV : Comparaison avec l'enquête sur les indicateurs du paludisme de l'EDS-2014.....	135
Tableau 3. V : Résultats des enregistreurs de données de mouvement (ITT-Phase 1).....	136
Tableau 3. VI : Utilisation et adoption déclaratives (Intention de traiter - Phases 1 et 2).....	137
Tableau 3.VII : Effet d'apprentissage.....	138

Tableau 3. VIII : Effet moyen local du traitement.....	139
Tableau 3. IX : Tester la complémentarité stratégique.....	140
Tableau 3.A 1 : Messages.....	153
Tableau 3.A 2 : Résultats des enregistreurs de données de mouvements (ITT-Phase 1) : Groupes.....	154
Tableau 3.A 3 : Utilisation et adoption déclaratoires (Intention de traiter - Phases 1 et 2).....	155
Tableau 4. I : Résumé des interventions par groupe d'étude : 2014-2016.....	171
Tableau 4. II : Age des cohortes (communautés d'intervention)	173
Tableau 4. III : Batterie de tests cognitifs (y compris les tests IDPE) administrée.....	178
Tableau 4.IV a : Calcul de la taille de l'échantillon pour l'anémie (critère principal).....	187
Tableau 4.IV b : Calcul de la taille de l'échantillon pour les résultats cognitifs.....	188
Tableau 4. V : Critères de sélections des enfants de 3 ans.....	189
Tableau 4. VI : Critères de sélections des enfants de 5 ans.....	192
Tableau 4. VII : Couverture et acceptabilité des interventions, déterminées par des entrevues avec les parents.....	207
Tableau 4. VIII: Inscription au CDPE pour la cohorte des enfants de 2 ans.....	208
Tableau 4. IX : Caractéristiques des enfants de 5 ans et de leurs ménages selon le groupe d'intervention en juillet 2016, après trois ans d'intervention.....	210
Tableau 4. X : Caractéristiques des enfants de 3 ans et de leurs ménages selon le groupe d'intervention en juillet 2016, après trois ans d'intervention.....	212
Tableau 4. XI : Effet de l'intervention PMN sur la santé des enfants de 5 ans en juillet 2016.....	214
Tableau 4. XII : Effet de l'intervention PMN sur la santé chez les enfants de 3 ans en juillet 2016.....	216
Tableau 4. XIII : Effet de l'intervention PMN sur les performances cognitives chez les enfants de 5 ans en mai - juin 2016.....	217
Tableau 4. XIV : Effet de l'intervention PMN sur les résultats cognitifs chez les enfants de trois ans évalués en mai - juin 2016, après 3 ans d'intervention.....	219
Tableau 4. XV : Coûts totaux et unitaires pour les PMN et les programmes de DPE, et la part des coûts de gestion et d'intervention dans les coûts totaux.....	221
Tableau 4.XVI : Coût d'exécution de l'intervention PMN, part des coûts de chaque élément et analyse de sensibilité.....	222
Tableau 4. XVII : Coûts de gestion du programme PMN, part des coûts de chaque élément et analyse de sensibilité.....	223
Tableau 4. XVIII: Coût de livraison de l'intervention - CDPE, part des coûts de chaque élément et analyse de sensibilité.....	224
Tableau 4. XIX : Coûts de gestion du programme CDPE, part des coûts de chaque élément et analyse de sensibilité.....	225

LISTE DES FIGURES

Figure A 1 : Evolution des indicateurs des OMDs entre 1990 à 201	3
Figure A 2 : Evolution des indicateurs des OMDs et de fécondité entre 1990 à 201.....	5
Figure 1. 1 : Tendances des indicateurs de contrôle du paludisme au Mali de 2001 à 2012.....	26
Figure 2. 1 : Coefficients des régressions simples de la différence-en-différence.....	100
Figure 3. 1 : Tendances avant et après l'intervention (novembre 2013 - juin 2016).....	141
Figure 3.2 : Proportion d'utilisation de moustiquaires de lit (par les enregistreurs de mouvements).....	142
Figure 3. 3 : Utilisation déclarative des moustiquaires et suivi des groupes pendant l'intervention (novembre 2016 à novembre 2017).....	143
Figure 3. 4 : Appels téléphoniques (1er juillet 2017 au 1er novembre 2017).....	144
Figure 3. 5 : Utilisation déclarative et nombre d'appels répondus à la fin de l'étude.....	145

Figure 3. A 1 : Cartes des quartiers d'études.....	146
Figure 3. A 2 : Protocole de mise en œuvre.....	147
Figure 3. A 3 : Enregistreur de mouvements HOBO Pendant® G	148
Figure 3.A4- a : Ménage 2 (pleine saison des pluies avec un niveau faible d'utilisation des moustiquaires).....	149
Figure 3.A4 -b : Ménage 2 (pleine saison des pluies avec un niveau élevé d'utilisation des moustiquaires).....	150
Figure 3.A4-c : Zoom sur 1 jour pour le Ménage 2.....	151
Figure 3. A 5 : Possession au fil du temps (y compris novembre 2013).....	152
Figure 4. 1 : Hypothèses des canaux de l'effet causal.....	167
Figure 4. 2 : Localisation des villages d'étude dans la région de Sikasso, au sud du Mali.....	169
Figure 4. 3 : Groupes de traitement et de comparaison, et intervention(s) reçue(s) par chaque groupe...	170
Figure 4. 4 : Structure du modèle SECT pour l'évaluation des coûts de programme de DPE.....	194

LISTE DES SCHEMAS, SCENARIOS

Schema 2. 1 : Groupes de traitement et de contrôle aléatoires.....	65
Scenario 2. 1 : hypothèses théoriques de comparaison entre les groupes aléatoires.....	65
Schema 2. 2 : Données assignation aléatoire aux groupes de traitement ou de contrôle et situation des individus au cours du suivi.....	77

LISTE DES ENCADRES

Encadre 2. 1 : Caractéristiques de base en juillet et effets-simple différence en décembre.....	86
Encadre 2. 2 : Effets DD simple.....	91
Encadre 2. 3 : Synthèse résultats.....	93
Encadré 4. 1 : Description des évaluations cognitives et du développement de l'enfant.....	179-181
Encadré 4. 2 : Modèle de SECT.....	193
Encadré 4. 3 : Catégories de coûts.....	196

SIGLES ET ABREVIATIONS

AQ :	Amodiaquine
CDPE :	Centre de Développement de la Petite Enfance
CE :	Comité d’Ethique
CIC :	Corrélation intraclasse
CPN :	Consultation Périnatale
CPS :	Chimioprévention du Paludisme Saisonnier
CRP :	Protéine C-réactive
CSCom :	Centre de Santé Communautaire
CSRéf :	Centre de Santé de Référence
CTA :	Combinaisons Thérapeutiques à base des dérivés d'Artémisinine
DD :	Double différence
DRA :	Dénomination Rapide Automatisée
DMCO :	Doubles Moindres Carrés Ordinaires
DNEPS :	Direction Nationale de l'Education Préscolaire et Spécialisée
DNS :	Direction Nationale de la Santé
DPN :	Direction Nationale de la Pédagogie
DTCG :	Dépense Totale de Consommation Générale
DWH:	Durbin-Wu-Hausman
ECP:	Effet cumulatif de Préférence de Fécondité
EDS :	Enquête Démographique et de Santé
EIP :	Enquête de l’Indicateur du Paludisme
F CFA :	Franc Communauté financière en Afrique
FMPOS :	Faculté de Médecine, de Pharmacie et d’Odonto-Stomatologie
G6PD :	Glucose-6-Phosphate Déshydrogénase
GPA :	Glycoprotéine Acide
GPS :	Système de Géolocalisation par Satellite
HbS:	Hémoglobine
IDPE :	Indice de Développement de la Petite Enfance

IMC :	Indice de Masse Corporelle
INSD :	Institut National de la Statistique et de la Démographie
IPR / IFRA :	Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée
ITT :	Intention de Traiter
LATE :	Local Average Traitement Effect
LSHTM:	London School of Hygiene and Tropical Medicine
MAP :	Atlas Malaria Project
MCO :	Moindres Carrés Ordinaires
MII :	Moustiquaire Imprégnée d’Insecticide
MILD :	Moustiquaires Insecticides à Longue Durée
PMN :	Poudres de Micronutriments
MRTC :	Malaria Research and Training Center
OCDE :	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
ODDs :	Objectifs de Développement Durable
OMDs :	Objectifs du Millénaire pour le Développement
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
PDPE :	Programme de Développement de la Petite Enfance
PID :	Pulvérisation Intradomicilliaire
PNLP :	Programme National de Lutte contre le Paludisme
PTF :	Partenaires Techniques et Financiers
RsTf:	Transferrine
SECT:	Standardized Early Costing Tool
SIEF :	Strategic Impact Evaluation
SMS :	Sort Message Services, 96
SP :	Sulfadoxine-pyriméthamine
TDR :	Test de Diagnostic Rapide
TEGP:	Tête-épaules-genoux-pieds
TIE :	Taux d'Infection Entomologique
TPI-g :	Traitement Préventif Intermittent chez la femme enceinte,
UNICEF :	United Nations International Children's Emergency Fund
USAID :	U.S. Agency for International Development

USD :	United States Dollar
ZPA :	Z-score poids pour l'âge
ZPT :	Z-score Poids pour la Taille
ZTA :	Z scores Taille pour Age

INTRODUCTION GENERALE

Le développement mondial fait l'objet d'un intérêt sans précédent dès le début du troisième millénaire, en témoigne d'abord l'élaboration des objectifs du développement pour le millénaire en 2000 (OMDs) au siège des Nations Unies qui a regroupé 189 leaders à travers le monde. L'engagement était d'atteindre des objectifs considérés comme clés pour atteindre un certain niveau de développement à l'horizon 2015 (United Nations 2000). Ces objectifs ciblaient entre autres les conditions socioéconomiques, l'éducation, la santé maternelle et infantile, les maladies infectieuses dont le paludisme, ainsi que les collaborations internationales afin de faire face aux défis mondiaux du développement. La mise en œuvre des OMDs à travers des actions ciblées, des stratégies adaptées et des ressources adéquates a permis de réaliser des progrès « spectaculaires, mais irréguliers entre les pays » (Figure A, B). Selon le rapport sur les OMDs, entre 1990 et 2015, la proportion de l'extrême pauvreté dans la population mondiale, qui est définie comme, vivre avec moins de 1,25 dollar par jour et par personne a été réduite d'au moins de moitié dans toutes les régions du monde, sauf en Afrique subsaharienne où elle n'a diminué que de 28%. Cependant, en 2015, encore 41% de la population de cette région était dans une situation d'extrême pauvreté. L'éducation, un déterminant majeur du capital humain, dont l'abondance entrainerait un développement économique, a été ambitieusement ciblée dans le paquet des OMDs. L'objectif était d'atteindre une couverture totale en scolarisation au niveau primaire, mais, la réalité a été tout autre dans les régions pauvres comme l'Afrique subsaharienne, où encore plus de 20% des enfants étaient non scolarisés. La mortalité maternelle et infantile qui constitue un des enjeux majeurs du développement, a été réduite de 36,7% dans le monde, mais elle restait élevée dans cette région africaine avec respectivement 547 décès pour 100 000 naissances vivantes et 81,3 pour 1000 naissances vivantes en 2015.

Concernant la santé, un autre déterminant majeur du capital humain, il s'agissait de stopper la progression du paludisme et d'inverser la tendance de l'incidence, ainsi que celles d'autres maladies majeures, telles que le VIH/Sida, la tuberculose, afin de réduire leurs poids, tant en termes de santé publique que sur le plan économique sur la population mondiale.

Si ces maladies sévissent dans toutes les régions du monde, la région africaine est la plus affectée, surtout par le paludisme. Selon le rapport de l'Organisation mondiale de santé (OMS) en 2016, 216 millions de cas de paludisme étaient survenus dans le monde, dont 90% dans la

région africaine de l’OMS, où la plupart des pays endémiques se situent dans la région subsaharienne.

Parmi, les 445 000 cas de décès liés au paludisme, 91% étaient survenus dans la région africaine de l’OMS (WHO 2017). Les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes sont les plus concernés par le paludisme. Bien que, ces chiffres attestent toute l’ampleur du paludisme, on note une diminution depuis la mise en place des OMDs; par exemple, le nombre de décès dus au paludisme chez les enfants âgés de moins de 5 ans est passé de 694 000 en 2000 à 292 000 en 2015, soit une diminution de 57,9% (Cibulskis et al. 2016).

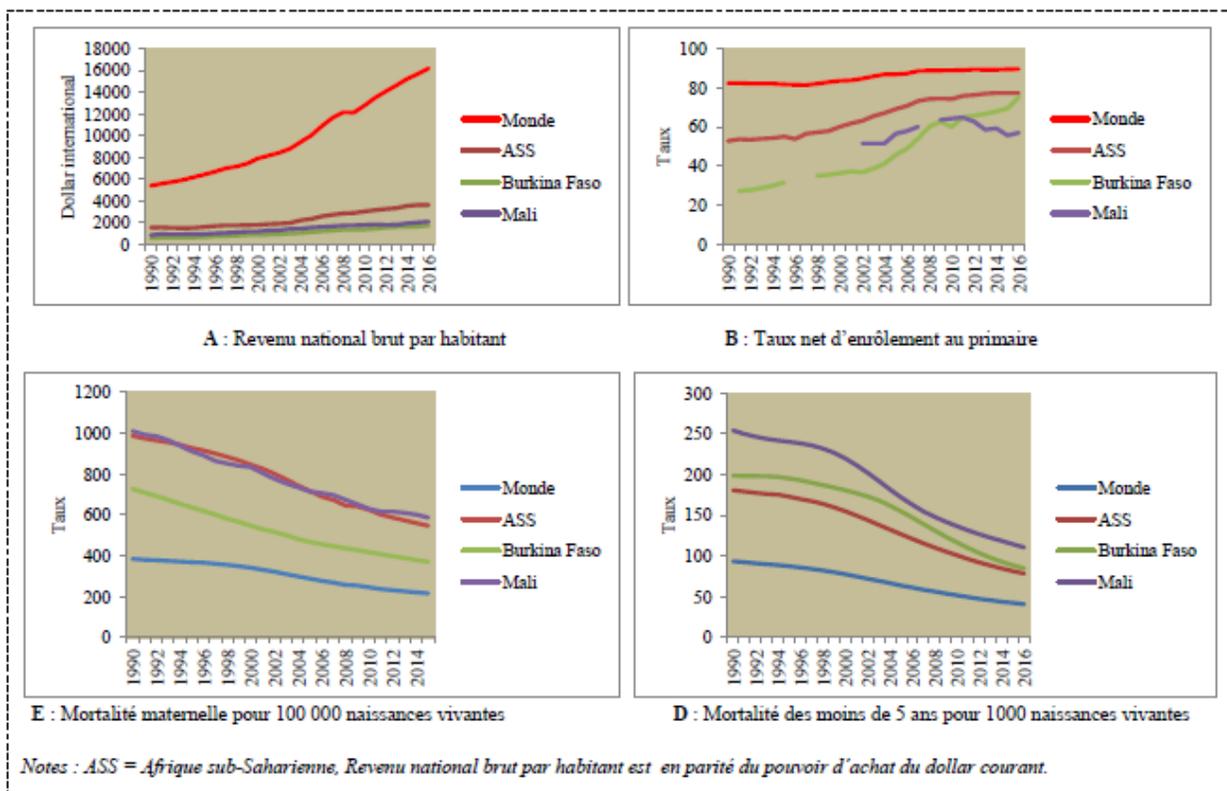


Figure A 1 : Evolution des indicateurs des OMDs entre 1990 à 2017

Le Mali et le Burkina-Faso - qui constituent le cadre de cette thèse pour des raisons détaillées dans le résumé de cette thèse – ont un niveau de développement qui reste alarmant par rapport à d’autres pays d’Afrique subsaharienne. Ils figurent parmi les pays les moins avancés au monde, avec respectivement aux rangs de 182^{ème} et 183^{ème} sur 187 pays (PNUD 2018). Ces deux pays frontaliers partagent des problèmes similaires de développement. Ils sont marqués par une

structure démographique constituée par une forte densité de la tranche d'âge dépendante jeune, un poids élevé de maladies transmissibles dont le paludisme, des conditions socioéconomiques précaires associées à de faibles investissements dans le capital humain. Les problèmes de développement de la petite enfance et de l'enfance sont également primordiaux pour le développement futur de ces pays. Ce développement est très en retard à cause non seulement des maladies (paludisme, maladies diarrhéiques, infections respiratoires, anémie, malnutrition), mais aussi d'un environnement économique particulièrement défavorable, sans évoquer la situation sécuritaire préoccupante dans la sous-région.

Nous prenons ici les années 2014-2015 comme référence du fait du début de cette thèse fin 2015. **Au Mali**, le paludisme représentait 40,1% des consultations médicales enregistrées dans les structures de santé en 2014 (INS 2014). Les enfants de moins de 5 ans, à eux seuls représentaient 38% des cas cliniques et 56,4% de décès liés au paludisme. 36% des enfants de ce groupe d'âge étaient infectés par les parasites du paludisme (PNLP, INS, Info-Stat, INRSP 2015). **Au Burkina Faso**, en 2015, le paludisme représentait 48,0% des consultations médicales et 23,9 % des décès enregistrés dans les structures de santé (INSD 2017). Les enfants de moins de 5 ans étaient les plus affectés avec un taux d'infection parasitaires de 46,0% en 2014 (INSD PNL 2014). Cependant, bien que le paludisme reste un problème majeur de santé publique dans les deux pays, on note une diminution de 2000 à 2015, surtout au Burkina Faso. L'incidence du paludisme pour 1000 personnes est passée de 476 en 2000 à 448 en 2015 au Mali, soit une diminution de 5,9% ; de 629 en 2000 à 389 en 2015 au Burkina Faso soit, une diminution de 37,4% (rapport OMDs, 2015).

Dans le but de rendre plus global et durable le développement à l'horizon 2030, de nouveaux objectifs dits de développement durable ont été élaborés en 2015 (ODD) (United Nations 2015). Le capital humain étant comme nous l'avons dit crucial pour le développement des nations, il convient de noter que la santé est ciblée dans toute sa dimension afin d'assurer des vies en bonne santé et le bien-être pour tous, avec un élargissement à l'accès aux soins universel plutôt que des stratégies verticales. Concernant l'éducation, en plus, de l'enrôlement total au niveau primaire, l'objectif était d'assurer une éducation de qualité et équitable à tous les enfants dans le monde à tous les niveaux du cycle de l'éducation, y compris l'encadrement de la petite enfance qui avait été occulté lors des OMDs.

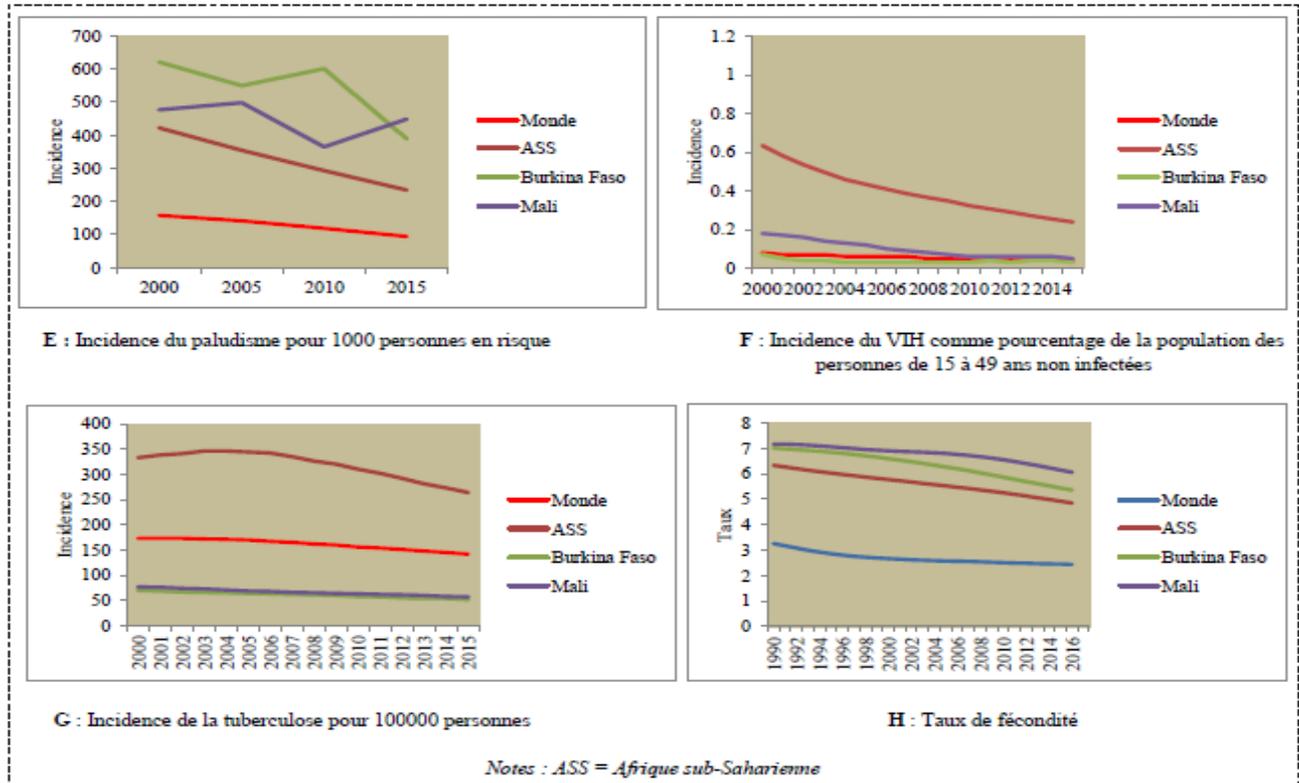


Figure A 2 : Evolution des indicateurs des OMDS et de fécondité entre 1990 à 2017

I. Contextes de recherche

Cette thèse aborde les questions du développement économique liées au paludisme, en se focalisant, d'abord sur les conséquences des campagnes de lutte contre le paludisme depuis la mise en route des OMDS, sur la fécondité² en utilisant les données d'Enquête Démographique et de Santé (EDS). Puis, à travers trois essais contrôlés randomisés, elle s'attache (i) à identifier des stratégies novatrices pour l'utilisation appropriée des soins préventifs du paludisme, (ii) à analyser les contraintes liées au paludisme sur l'investissement des ménages dans l'éducation et

² La fécondité est la capacité de reproduction d'un individu, un couple, un groupe ou une population. On emploie le terme fécondité, au lieu de natalité, lorsque les naissances sont mises en relation avec l'effectif des femmes d'âge fécond. La fécondité d'une génération peut être résumée par sa descendance finale et l'âge moyen à la maternité, tandis que l'indicateur conjoncturel de fécondité (ou indice synthétique ou somme des naissances réduites) mesure la fécondité d'une année. Lorsque l'on distingue le rang des naissances, on parle alors de fécondité de premier rang, de deuxième rang (<https://www.ined.fr/fr/lexique/fecondite/>).

enfin (iii) à évaluer l'impact et les coûts d'un ensemble de stratégies de santé sur le développement de la petite enfance, qui détermineront potentiellement les capacités productives des générations futures.

I.1. Enjeux économiques de l'après élimination du paludisme

La lutte contre le paludisme revêt des enjeux de santé mais aussi des enjeux bien plus larges pour le développement économique. Plusieurs témoignages historiques et études économiques montrent que l'élimination du paludisme peut soulager des contraintes de ressources, des contraintes d'épargne associées auparavant à la lutte contre le paludisme (aux niveaux micro et macro), la relance de la croissance économique consécutive à l'amélioration de la performance productive des personnes et un rendement meilleur d'investissement dans le capital humain.

Cependant, l'élimination du paludisme pourrait également affecter d'autres enjeux de développement, notamment la fécondité et la structure de la population et ses conséquences économiques évidentes. Le sens de l'effet démographique du paludisme n'est cependant pas clairement établi et a probablement été plus négligé dans la littérature économique du fait des difficultés inhérentes aux estimations causales. Nous pouvons nous attendre à deux effets potentiels sur la fécondité. A court terme, l'effet de l'élimination du paludisme pourrait être positif sur la fécondité, dû à la réduction de la mortalité infantile et maternelle et de la morbidité palustre au cours de la grossesse (effet médical sur la période prénatale et post-natale), pouvant ainsi entraîner une expansion démographique de la population dépendante de la tranche des jeunes enfants. L'effet économique serait donc négatif si les dépenses de consommation et d'investissement sont plus élevées que l'épargne faite sur les ressources de lutte contre le paludisme, ou à l'inverse, positif si les dépenses sont plus faibles que l'épargne. Sur le long terme, l'élimination du paludisme pourrait avoir un effet négatif sur la fécondité, qui serait dû à un changement de décision des parents sur le nombre d'enfants à avoir, afin de remplacer ceux qui mourront (effet dit de « remplacement »), ou de leur préférence sur la qualité des enfants (le rendement éducatif étant amélioré) au détriment de la quantité (nombre d'enfants). Il est à priori difficile, sans test empirique, de savoir quel effet prévaut in fine sur l'économie à long terme. Quelques travaux ont tenté de simuler ces effets via des modèles d'équilibre général mais ces travaux sont anciens et peu précis. Si l'on s'en tient à la théorie du capital humain, développée

pour la première fois par Becker (Becker 1965) et plus tard par Mincer (Mincer 1965, 1984), qui fait le lien entre le processus de production et les investissements dans l'acquisition de compétences à travers l'éducation et la formation professionnelle, nous aboutissons, pour simplifier de façon extrême, à deux types de sociétés. Plusieurs modèles basés sur cette théorie ont été développés et testés par des auteurs tels que (Mankiw, Romer, and Weil 1992), (De La Croix, David Doepke 2003) et (Grossman 2000), en tenant compte des facteurs qui influencent le capital humain (éducation et santé), la fécondité et la mortalité. Si, les modèles utilisent des procédures différentes, ils convergent quasiment tous sur l'effet positif de l'accumulation du capital humain sur la croissance économique. L'un des arguments derrière le lien entre la théorie du capital humain et la croissance économique, est que dans une société où le capital humain est abondant, le taux de rendement d'investissements dans le capital humain est élevé comparativement à celui de la conception des enfants. Dans une société avec un capital humain faible, le taux de rendement d'investissements dans le capital humain, est faible relativement à celui de la conception. La résultante de ces deux situations est soit i) une société avec un capital humain limité, qui choisit de grandes familles et investit peu dans chaque membre de la famille ou ii) une société avec du capital abondant, qui choisit d'avoir de petites familles et investit beaucoup dans chaque membre, pouvant ainsi entraîner une croissance économique à long terme.

Dès les années 2000, il y a eu un véritable engagement de l'Etat malien en matière de lutte contre le paludisme, qui s'est manifesté d'abord par la subvention partielle, puis la gratuité des soins préventifs (moustiquaires, traitement préventif intermittent, pulvérisation intra-domiciliaire, chimioprévention du paludisme saisonnier) et curatifs (dépistage et traitement gratuits) pour les enfants de moins de 5 ans et femmes enceintes. Ces soins étaient prodigués à travers des campagnes ou lors de visites de santé de routine (visites d'examen de croissance des enfants, consultations prénatales, accouchements) avec une intensification à partir de 2006. Ces interventions peuvent constituer un cadre quasi-expérimental intéressant à analyser. Ces interventions auraient contribué à la diminution de 16% de la prévalence de *Plasmodium falciparum* chez les enfants de 2 à 10 ans entre 2006 (43%) et 2012 (27%) (Données Malaria Atlas). La mortalité infantile toutes causes confondues a diminué de 51% entre 2000 et 2012 (Kayentao et al. 2018), le nombre moyen d'enfants nés vivants par femme (fécondité) est passé de 5,7 en 2006 et 4,8 en 2012, soit une diminution de 15,8%. Le PIB par habitant en dollar courant est quant à lui passé de 522,6 à 778,7 durant la même période, soit une augmentation de

49%. Il est alors, intéressant d'analyser l'effet de cette diminution du paludisme sur la fécondité tout en tenant compte d'autres facteurs de confusion.

I.2. Déclin d'aide au financement du paludisme et défis de lutte

La lutte contre le paludisme nécessite d'énormes ressources pour les dépenses de soins préventifs et curatifs (achats des médicaments antipaludiques, moustiquaires, insecticides et équipements de pulvérisation, des moyens de diagnostic), ainsi que le financement de la recherche pour le développement de nouveaux produits et de nouvelles stratégies. L'OMS estime à environ 9 milliards de dollars américains par an pour éliminer le paludisme dans au moins 35 pays à l'horizon 2030 (OMS, 2017). (Maskin et al. 2018) dans leur rapport intitulé « Money & mosquitoes the economics of malaria in an age of declining aid », montrent que, l'aide internationale au financement de la lutte contre le paludisme a un effet négatif et significatif sur la prévalence du paludisme ; ils estiment une augmentation du financement entre 25 et 30 dollars américains par habitant pour l'élimination du paludisme. Cependant, le financement de la lutte contre le paludisme, qui provient en grande partie de l'aide internationale au développement³, a plutôt eu tendance à stagner entre 2015 et 2016, par rapport aux années précédentes, même si, on note un léger regain à partir de 2017 stabilisé en 2019. Ce ralentissement des investissements semble avoir un impact négatif très direct et de court terme sur l'avancée significative de la lutte contre le paludisme enregistré entre 2000 et 2015, comme le montre la stagnation de la prévalence du paludisme en 2016, parallèlement à la diminution du montant d'aide au développement pendant la même période. Bien que plus de ressources doivent être mobilisées plus de ressources, pour atteindre l'objectif d'élimination du paludisme à l'horizon 2030, il s'avère nécessaire de développer de nouvelles stratégies, afin d'améliorer l'efficacité dans l'utilisation des ressources limitées par nature, y compris au niveau de la demande des soins du paludisme. Notamment, les soins de prévention du paludisme (moustiquaires) ne sont pas utilisés de façon appropriée, à cause non seulement de l'asymétrie d'information sur leur existence, du mode de leur accessibilité, mais aussi, de l'ignorance sur leurs effets bénéfiques. Par exemple, Taremwa et al. (2017) dans une enquête qu'ils ont menée en Ouganda, ont trouvé que 33,9% des

³ Par exemple, en 2017, l'apport international représentait 70% et 87% du financement de la lutte antipaludique respectivement dans les pays à revenus intermédiaire et faible (OMS, 2018).

ménages en possession des moustiquaires ne les utilisaient pas chez les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes. Les raisons évoquées par certains répondants étaient les effets secondaires tels que le cancer. Pour d'autres, le paludisme et la grossesse seraient directement liés, et on ne doit pas utiliser de moustiquaires pour la prévention chez une femme enceinte (Taremwa et al. 2017). Kwalar-Toh et al. (2018) au Cameroun, ont trouvé une que 33,76% des personnes possédant des moustiquaores ne les utilisaient pas. Le plus jeune âge, le niveau d'éducation (personnes qui avaient un niveau d'éducation élevé) ou le travail de nuit étaient les facteurs associés à la non utilisation des moustiquaires (Kwalar-toh et al. 2018). Il est par conséquent important de trouver des stratégies spécifiques pour améliorer l'utilisation des mesures de lutte contre le paludisme. Cet enjeux est plus large que celui du paludisme comme l'ont montré (Dupas and Miguel 2017).

L'information et les messages de rappels (nudges) constituent des moyens pour modifier les comportements individuels ou collectifs qui ont fait l'objet de moins d'attention. Par exemple, Cohen et al. montrent que les étiquettes comportant des messages ciblés sur l'emballage des médicaments, augmentaient l'adhérence aux traitements antipaludiques de 9% et réduisait les comprimés non pris de 29% (Cohen and Saran 2018). Bassi et al. ont trouvé que les messages de persuasion relatifs à la fécondité dans les discours du Pape Jean Paul II au Brésil en 1991, même si la recommandation de politique publique reste limitée, avaient réduit significativement l'intention d'utilisation de la contraception de plus de 40% et augmenté les rapports sexuels non protégés de 30%, entraînant ainsi, une augmentation de naissance globale de 1,6% (Bassi and Rasul 2014).

Afin d'améliorer les niveaux d'utilisation et d'adoption des soins préventifs du paludisme (moustiquaires), cette thèse analyse l'effet deux stratégies en santé. La première est l'éducation à la santé, qui est largement utilisée dans des programmes de santé publique ou pratiques de santé de routine. L'éducation à la santé est une combinaison d'expériences d'apprentissage conçues pour aider les individus et les communautés à améliorer leur santé, en augmentant leurs connaissances ou en influençant leurs attitudes (OMS)⁴. Il existe, plusieurs méthodes d'éducation à la santé, mais la « causerie-éducative » est souvent considérée comme la méthode informelle

⁴ https://www.who.int/topics/health_education/en/

communément utilisée pour la promotion de la santé (Prozesky 2014). Cette méthode a été utilisée auprès des mères pour l'utilisation des soins du paludisme. L'autre idée innovante testée dans cette thèse consiste à utiliser une plateforme de téléphonie mobile pour transmettre des messages de rappels et informations sur ces soins aux membres clés des ménages. Ces aspects d'éducation à la santé pourraient permettre de sortir de « pièges de santé ». En effet la maladie ayant des effets sur l'éducation, un cercle vicieux peut vite se perpétuer à long terme entre mauvaise éducation et effets du paludisme sur l'éducation et par répercussion sur le développement et la pauvreté.

I.3. Santé, productivité, revenu et investissements scolaires

L'aboutissement attendu de la lutte contre les maladies ne se limite pas au seul allègement de leurs poids sur la santé, elle vise aussi à améliorer les conditions de vie socioéconomiques des personnes. En effet, plus les personnes sont en bonne santé, meilleure sera théoriquement la productivité (même si les tests empiriques dépendent des mesures du paludisme et des types de culture), mais aussi leur accès au marché du travail et donc leur revenu, en plus bien entendu des dépenses directes de santé. Au niveau microéconomique, même si les résultats divergent, la majorité des auteurs s'accordent sur l'effet négatif du mauvais état de santé sur l'accumulation des richesses et du capital humain. Par exemple, Audibert au Cameroun montre qu'une diminution de l'incidence de la bilharziose de 10% parmi les riziculteurs avait entraîné une croissance de leur production agricole de 4% (Martine Audibert 1986) ; Sung-Hee Jeon et Pohl ont évalué l'impact du diagnostic de cancer chez des couples mariés sur le niveau de participation au travail de l'époux ou épouse qui n'a pas de cancer au Canada. Il ressort de leur étude que, durant les 5 premières années du diagnostic du cancer chez l'épouse, l'époux réduisait son travail et son gain annuel diminuait de 3,4 % (2000 dollars) et le revenu annuel de la famille diminuait de 3,8 à 4,8% (4000 à 5000 dollars). Pour la même durée, le diagnostic du cancer chez l'époux entraînait une diminution de la participation au travail de l'épouse de 2,5%, son gain annuel de 2,7 à 5,9% (800 à 1700 dollars) et le revenu de la famille de 5000 à 6500 dollars (Jeon and Pohl 2017). Fink et Masiye dans une étude qu'ils ont réalisée en Zambie, où ils ont évalué l'impact de la technologie en soins préventifs de santé, montrent que, le groupe d'agriculteurs qui avaient reçu gratuitement des moustiquaires avait eu une production agricole moyenne de

14,7 de points de pourcentage de plus que le groupe d'agriculteurs à qui les moustiquaires ont été vendues à crédit, c'est-à-dire qu'ils devaient les rembourser à la fin des récoltes (Fink and Masiye 2015).

En plus de ces effets plus ou moins indirects de la maladie, les dépenses de santé représentent une part importante du revenu des ménages, surtout dans les pays où le système de prépaiement est quasi-inexistant et où la capacité financière des ménages est faible. La demande de soins de santé dans ces conditions, expose les ménages à des risques de dépenses catastrophiques de santé (Ke Xu and Christopher J.L. Murray 2003), qui est de dépenser au moins 40% du revenu non indispensable à la subsistance du ménage, c'est-à-dire le budget restant une fois les besoins de base satisfaits. Les ménages sont ainsi contraints de réduire la consommation des produits de première nécessité, comme la nourriture et les vêtements ou même de renoncer aux dépenses d'éducation. Par exemple, Mohanan (2013) étudie l'effet du choc de santé dû aux blessures d'accidents de bus sur les consommations et dettes en Inde. Il montre que, les ménages confrontés à des dépenses liées au choc de santé étaient en mesure de lisser leurs consommations alimentaires, de frais de loyer et de fêtes, à travers un mécanisme d'endettement, mais réduisaient leurs dépenses d'éducation de 20% (Manoj Mohanan 2013).

Le niveau d'investissements des ménages dans l'éducation dépend de leurs revenus, mais aussi de la politique éducative en vigueur. Notamment, l'effort budgétaire des dépenses publiques d'éducation ou les politiques de financements en faveur des pauvres sont des instruments pour lutter contre les inégalités dans les financements des systèmes éducatifs. Par exemple, les pays de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE) dont, l'une des priorités en matière d'éducation est de réduire les inégalités, ont accordé en moyenne 5,3% de leur PIB aux dépenses d'éducation avec un financement public à hauteur de 83,5% en 2012, permettant ainsi aux ménages un apport de 8% au financement global de l'éducation (OCDE 2019). Contrairement aux pays de l'OCDE, en Afrique Sub-Saharienne les dépenses publiques de l'éducation représentait 3,7% PIB et les ménages étaient contraints de contribuer à l'équivalent de la moitié des dépenses publiques, soit, 1,7% du PIB (Foko, Kouak Tiyab, and Husson 2012). Au Mali, les ménages consacraient 1,3% de leurs dépenses totales à l'éducation, ce qui représentait 16% des dépenses courantes de l'éducation contre 30,1% pour les dépenses publiques (Foko, Kouak Tiyab, and Husson 2012; UNESCO 2012).

En ce concerne le paludisme, bien que plusieurs recherches s'accordent sur le fait qu'un choc de paludisme a des effets négatifs au niveau microéconomique (Audibert et al. 2003; Clarke et al. 2017; Deressa, Hailemariam, and Ali 2007a; Dillon, Friedman, and Serneels 2014; Fink and Masiye 2015; Konradsen et al. 1997; Morel et al. 2008; Onwujekwe, Chima, and Okonkwo 2000; Singh et al. 2019) l'importance de cet effet continue à faire l'objet de débats scientifiques. Les mesures de soins préventifs du paludisme (moustiquaires et Chimio-prévention du paludisme saisonnier : CPS) permettent de concevoir un protocole expérimental approprié pour analyser l'effet du paludisme au niveau microéconomique. Notamment, dans cette thèse la moustiquaire et la CPS sont utilisées comme technologie pour évaluer l'effet du paludisme sur le revenu des ménages et l'investissement dans l'éducation dans un petit village rural du Mali.

I.4. Santé infantile, développement cognitif, maturité scolaire et opportunité d'offre de services de santé des CDPE

Le développement de la petite enfance qui a commencé dès la conception et qui se poursuit jusqu'à l'âge de 8 ans, est la période pendant laquelle se fondent les éléments cruciaux du capital humain, nécessitant ainsi une croissance complète et saine des enfants sur le plan psychologique et physique (Walter and Wrester 2009). En effet, les vécus cognitif, socio-émotionnel et physique lors de la petite enfance exercent une grande influence sur le bien-être, la santé, l'apprentissage, mais aussi, la participation économique tout au long de la vie (Bakken, Brown, and Downing 2017; Karoly, and M. Rebecca Kilburn, and Cannon 2005; Reynolds et al. 2001). Cependant, les statistiques montrent que dans les pays à revenu faible et intermédiaire et surtout dans ceux de l'Afrique subsaharienne, une proportion importante des enfants ne parvient pas à réaliser un développement complet, à cause du poids des maladies telles que le paludisme, l'anémie, mais aussi à cause du manque d'environnement socioéconomique favorable. L'anémie qui entraîne des effets physiques et cognitifs néfastes irréversibles est causée par une carence en fer et d'autres micronutriments tels que les vitamines B12 et A, les maladies parasitaires (paludisme, ankylostomiasés, schistosomiasés) et les inflammations chroniques. L'anémie étant multicausale, l'impact de plusieurs stratégies combinée (supplémentation en micronutriments, la CPS, le déparasitage) serait plus élevé que celui d'une stratégie isolée.

En 2010, 43% (250 millions) d'enfants des pays à revenu faible et intermédiaire étaient considérés à risque de mauvais développement physique et mental, mais la situation était plus alarmante en Afrique subsaharienne avec 66% (Chunling Lu, 2016). Les programmes communautaires de développement de la petite enfance, prennent de plus en plus d'ampleur en Afrique, pour faire face aux insuffisances du système éducatif à répondre aux besoins d'encadrement des enfants avant l'âge d'intégration l'école. Des études montrent que, la fréquentation des centres de développement de la petite enfance (CDPE) améliorent considérablement les dimensions fondamentales du développement des enfants et leur préparation à la scolarisation, notamment en ce qui concerne les capacités cognitives et la résolution de problèmes, la motricité fine, les résultats socio-émotionnels et comportementaux, et conduisent à une augmentation significative de la scolarisation primaire en âge approprié (Burchinal et al. 2008; Camilli and W. Steven Barnett 2010; McCall et al. 2010). Les CDPE à base communautaire constituent alors, une alternative des établissements préscolaires dans l'encadrement de la petite enfance, surtout dans les zones rurales où ces établissements sont quasiment inexistantes. Au-delà de l'encadrement préscolaire, les CDPE offrent de cadre pour fournir des soins de santé infantile, notamment, la supplémentation en micronutriments, la CPS et l'éducation parentale sur les pratiques nutritionnelles et la vaccination des petits enfants. Pour de meilleures orientations des politiques, en matière d'éducation et de santé, il s'avère nécessaire d'évaluer l'impact et le coût d'un ensemble de programmes de développement de la petite enfance. Cela est d'autant plus important que certaines maladies comme le paludisme touchent plus particulièrement les enfants de moins de 5 ans.

Bien que, les établissements préscolaires existent au Mali depuis longtemps, la couverture restait faible avec seulement 4,2% en 2008. La plupart de ces établissements étaient concentrés dans les zones urbaines. Le gouvernement du Mali, a mis en place une politique en 2011, afin d'atteindre une couverture en éducation préscolaire de 15% à l'horizon 2020. Suite à cet engagement de l'Etat malien, il y a eu une vague d'expérimentations des programmes de développement des CDPE dans les zones rurales, par les partenaires techniques et financiers (PTF). Save the Children, un des PTF clés du développement au Mali, a commencé à mettre en place des CDPE en 2008 dans la région de Sikasso. Le CDPE, dont la gestion est confiée à la communauté est animée par des monitrices. Les matériels sont fournis par Save the Children, mais les monitrices sont payées par la communauté dont, le montant et le rythme du paiement varient selon la

communauté. Cette thèse s'est intéressée à évaluer l'impact des stratégies combinées, sur la santé, le développement cognitif et la maturité scolaire comme d'autres auparavant (J. Brown 2002)⁵ à travers une plateforme des CDPE, ainsi que, les coûts de leur mise en œuvre et les coûts d'opportunité pour les monitrices.

II. Hypothèses de la thèse

L'application des orientations stratégiques du développement mondial a permis de réaliser des progrès importants, mais au regard de certains indicateurs le chemin reste long pour atteindre l'objectif de développement global fixé à l'horizon 2030. Cela est vrai pour la plupart des pays en voie de développement, particulièrement en Afrique subsaharienne. Cette thèse tente de répondre aux objectifs non atteints du développement en réalisant des enquêtes de terrain au Mali et au Burkina Faso.

Depuis les OMDs, la morbidité et la mortalité liées au paludisme ont diminué, même si, la diminution n'a pas été proportionnelle à l'amélioration de l'accès aux soins préventifs. Au même moment, on fait face au relâchement de l'effort d'aide au financement du paludisme, comme indiqué ci-dessus. L'avance de nouvelles technologies de communication, notamment, le système téléphonie mobile permettrait d'atteindre un grand nombre de personnes en termes d'information en santé et de rendre plus efficace l'utilisation des ressources actuelles. Les maladies et l'environnement socioéconomique précaire constituent également des problèmes de développement de la petite enfance.

Face aux progrès réalisés en matière du développement mondial, aux défis qui restent à relever, mais aussi, à l'existence d'un ensemble d'opportunités, les recherches de cette thèse partent des hypothèses suivantes :

⁵ *Au sens strict, on réfère à la maturité scolaire comme l'accent mis sur la préparation de l'enfant afin qu'il soit prêt à développer un ensemble particulier de compétences et d'habiletés académiques — suivre les consignes, faire preuve d'habiletés de lecture et de raisonnement, effectuer des tâches de façon indépendante* — au moment d'entrer à l'école (Sheila B. Kamerman, DSW)

- Compte tenu de la corrélation entre la mortalité infantile et la structure démographique et en se référant aux recherches antérieures sur la question, le niveau de fécondité aurait changé, consécutivement à la diminution du paludisme entre 2006 et 2012 au Mali.
- Ce changement du niveau de la fécondité, pourrait aggraver la situation économique (épargne -) ou au contraire l'améliorer (épargne +), selon que, la fécondité ait augmenté ou diminué. Et même si on se retrouvait dans la deuxième situation, c'est-à-dire, une amélioration économique, il y a une incertitude sur la nature d'utilisation de l'épargne. Néanmoins, on s'attendrait à ce qu'une partie de l'épargne soit investie dans l'éducation.
- Les informations sur les technologies de soins préventifs du paludisme (moustiquaires, CPS) livrées à travers deux stratégies (classique et novatrice) pourraient améliorer l'utilisation et l'adoption de ces soins, mais aussi permettre d'analyser les comportements des parents vis-à-vis de l'utilisation de l'épargne faite ou d'autres contraintes liées à la maladie.
- La supplémentation en micronutriments en complément de l'administration des médicaments de la CPS pour lutter contre le paludisme, associées à l'éducation parentale sur les pratiques nutritionnelles et la stimulation parentale à travers la plateforme des CDPE, auraient un impact positif et significatif sur l'anémie, les performances cognitives et la maturité scolaire. Le coût de mise en œuvre de ces stratégies est abordable.

III. Objectifs de la thèse

Bien que les chapitres de cette thèse soient indépendants entre eux, ils répondent à une problématique d'ensemble similaire tournée progressivement vers les ODDs et les liens entre ces ODDs. Cette thèse vise à examiner les problématiques de développement liées à la santé (paludisme principalement) et l'éducation pour évaluer :

- l'impact du paludisme sur la fécondité ;
- l'effet du paludisme sur le revenu des ménages et l'investissement dans l'éducation ;

- l'effet des rappels et de l'information ou des nudges sur l'utilisation et l'adoption des technologies de soins préventifs du paludisme ;
- l'impact et le coût d'un ensemble de stratégies intégrées (supplémentation en micronutriments, CPS et éducation parentale) sur l'anémie, les performances cognitives et la maturité scolaire.

IV. Structure de la thèse

La thèse s'articule autour de 4 chapitres :

- Le premier chapitre s'attache à analyser l'impact des campagnes de lutte contre le paludisme entre 2006 et 2012 sur la fécondité au Mali. L'indicateur de fécondité provient des enquêtes démographiques et de santé, qui est le nombre total d'enfants nés vivants par femme à chaque période de l'enquête. L'indicateur du paludisme est la prévalence du *P. falciparum* chez les enfants de 2 à 10 ans, estimée par Malaria Atlas Project (MAP) MAP est la prévalence du *P. falciparum* en utilisant les méthodes géostatistiques bayésiennes, à partir d'un ensemble d'informations ,incluant les données paludométriques provenant d'enquêtes (EDS), publications, littérature grise (rapports, thèse...), données non publiées ; données administratives et des coordonnées GPS (Gething et al. 2011; Guerra et al. 2007; Patil et al. 2011).
- Le deuxième chapitre s'intéresse au lien entre le paludisme, le revenu du ménage et l'investissement dans l'éducation, en réalisant des enquêtes dans un village du Mali en 2016. La valeur monétaire des animaux (volaille) est utilisée comme proxy du revenu ménage. Les dépenses faites dans l'éducation incluant les frais de scolarité, les dépenses de fournitures scolaires (cahiers, livres, stylo, matériels géométriques...), moyens de transport et de soutiens scolaire hors programme normal comme indicateur de l'investissement dans l'éducation. Les ménages ont été répartis aléatoirement en 4 groupes, permettant ainsi de faire plusieurs niveaux d'estimations croisées. Le dépistage du paludisme a été fait par la microscopie chez les enfants de 3 mois à 5 ans.

- Le chapitre 3 analyse l'effet des messages de rappels et d'informations aux chefs des ménages, sur l'utilisation et l'adoption de la technologie moustiquaire, en utilisant la plateforme de téléphonie mobile dans quatre quartiers, ayant des caractéristiques socioéconomiques différentes au Burkina Faso. Les ménages ont été assignés aléatoirement à cinq groupes selon la fréquence et le type des messages diffusés.
- Le quatrième chapitre analyse l'impact et le coût d'un ensemble de stratégies en santé sur l'amélioration du développement de la petite enfance, dans une zone où la transmission du paludisme est forte, la prévalence de l'anémie est élevée, dans une région du sud du Mali. Les stratégies ciblaient les principales maladies, qui impactaient sur la santé des enfants au Mali (le paludisme, les parasitoses intestinales, l'état nutritionnel, l'anémie) et les problèmes de l'environnement socioéconomique non stimulant, dans le but de diminuer la prévalence de l'anémie, améliorer les performances cognitives et la maturation scolaire. Une assignation aléatoire de 60 communautés (village) à 3 groupes a été faite. Le coût des différentes stratégies a été évalué dans la perspective du fournisseur pour un horizon relativement court. Les coûts d'opportunités pour les monitrices qui s'occupaient des petits enfants dans les CDPE ont été également évalués.

**Chapitre 1 : IMPACT DU PALUDISME SUR LA FECONDITE, APRES
SEPT ANNEES DE LUTTE AU MALI : ETUDE QUASI-
EXPERIMENTALE**

Introduction

Les tendances en matière de fécondité font partie des défis auxquels sont confrontés la plupart des pays en développement. Les recherches en économie du développement sur les déterminants de la fécondité se sont concentrées sur l'accès à la planification familiale (Masih 1995; Okun 1996), la mortalité infantile (Arroyo and Zhang 1997; Doepke 2005), le revenu (Bonner and Sarkar 2018; Fernihough 2017), l'éducation (Godefroy and Lewis 2018; Keats 2018; McCrary and Royer 2011) et les maladies (Bleakley and Lange 2009; Kalemli-ozcan, Ryder, and Weil 2000; Lucas 2013; McCord, Conley, and Sachs 2017; Wilson and Taskforce 2011).

Des travaux plus récents, s'intéressent au lien entre le paludisme et les tendances démographiques, mais la direction et la variation du niveau de fécondité ne sont pas clairement établies. Lucas a trouvé que l'élimination du paludisme au Sri Lanka avait augmenté la fécondité (Lucas 2013) ; tandis que McCord et al. (2017), à partir de données provenant de 133 pays, montrent que la diminution du paludisme était associée à la baisse de la fécondité, due à la diminution de la mortalité liée au paludisme (McCord et al. 2017). Le paludisme est une maladie parasitaire dont le développement du vecteur, l'anophèle femelle, dépend des conditions écologiques et climatiques. La relation entre l'homme et le paludisme est telle, qu'en déterminer le sens est complexe. L'homme dispose des moyens pour se protéger des piqûres de l'anophèle, afin d'éviter le paludisme, mais, en même temps et pour ses propres besoins, il crée des conditions favorables au développement de l'anophèle. Par exemple, l'homme creuse le sol, pour les constructions des maisons, des routes ou pour aménager des espaces agricoles, qui pourront constituer des gîtes de reproduction des anophèles (Klinkenberg et al. 2005, 2008; Mattah et al. 2017). Il est donc, difficile d'analyser l'effet causal des stratégies de lutte contre paludisme sur la fécondité, pour les raisons suivantes : (i) la capacité d'utiliser les moyens de prévention et de traitement du paludisme dépend des caractéristiques socioéconomiques des ménages et des conditions d'accès aux soins de santé ; (ii) d'autres facteurs qui ne sont pas directement liés à l'homme (écologie, climat), permettent au paludisme de rester endémique dans certaines zones. Ces considérations induisent des biais dans les estimations, à cause des facteurs inobservables qui sont corrélées aux indicateurs du paludisme et/ou à cause du problème de causalité inverse ou bidirectionnelle.

Par ailleurs, dans une zone où le paludisme est permanent, toutes les personnes sont exposées à un risque similaire de contracter le paludisme. D'où l'impossibilité de constituer un groupe de ménages sans paludisme (groupe de contrôle) et un groupe avec paludisme (groupe traité), pour évaluer l'impact des interventions de lutte contre le paludisme sur la fécondité. Les méthodes quasi-expérimentales sont des approches alternatives pour analyser l'impact des interventions non-aléatoires entre le groupe traité et un groupe contrôle (Gertler et al. 2011). Cependant la difficulté est de trouver des contrefactuels possibles.

En dehors des jeunes enfants, des femmes enceintes et des personnes non-immunes (les personnes qui vivent dans des zones non impaludées), qui sont plus vulnérables au paludisme que les autres couches sociodémographiques, il existe une différence de susceptibilité entre des groupes ethniques, qui vivent dans une même zone géographique, et sont donc exposés au même risque de contracter le paludisme. Notamment, au Mali, l'ethnie peulh est reconnue pour être moins affectée par le paludisme que l'ethnie dogon (A Dolo et al. 2003; D Modiano et al. 1995, 1999). En dehors du Mali, au Burkina Faso, plusieurs études ont montré que les peulhs sont moins souvent affectés par le paludisme, que les mossis ou les rimaïbés, alors qu'ils vivent dans un même village (Modiano et al. 1995). Nasr et al., (2008) ont également trouvé que, les peulhs étaient moins affectés par le paludisme que les masaleits au Soudan (Nasr et al. 2008). Cette différence de susceptibilité ne s'expliquait pas, par des différences des caractéristiques socioéconomiques, des pratiques culturelles, du niveau de transmission ou de comportements entre les groupes ethniques (Amagana Dolo et al. 2005; Lokki et al. 2011; D Modiano et al. 1996). Les auteurs s'accordent sur l'effet protecteur des facteurs immunologiques et/ou génétiques des peulhs contre le paludisme, même si le marqueur biologique spécifique reste à identifier (Arama et al. 2011; Amagana Dolo et al. 2005; Farouk et al. 2005; Israelsson et al. 2008, 2009; Nasr et al. 2008; Torcia et al. 2008; Vafa et al. 2007a).

Cette différence naturelle de susceptibilité au paludisme entre les groupes ethniques permet, pour notre étude sur le paludisme et fécondité, d'identifier les peulhs comme groupe de contrôle car, moins affectés par le paludisme et les dogons comme groupe de traitement car, plus affectés par le paludisme (voir section stratégie d'identification pour plus détails). Bien entendu cette stratégie est imparfaite et risquée, car les groupes ethniques ne se distinguent pas seulement par des caractéristiques génétiques souvent différentes du fait d'un mélange limité (surtout en zone

rurale). Les différences sont également culturelles, économiques, historiques et contextuelles. Cependant, nous pensons qu'une telle approche peut néanmoins apporter un éclairage différent.

Au Mali, le paludisme est l'un des problèmes majeurs de santé publique représentant 40% de la demande de soins de santé et 56,4% des décès des enfants de moins de 5 ans (INS 2014). Par ailleurs, le paludisme est une des causes majeures de l'anémie chez la femme enceinte, particulièrement les primigestes (Doumbo et al. 2013) avec pour conséquences un faible poids à la naissance, une prématurité et une mortinaissance élevées (Kayentao et al. 2007).

Suite à l'engagement international en 2000⁶ et la création du Fonds mondial de lutte contre le sida, la tuberculose et le paludisme en 2002, le Mali a élaboré ses propres objectifs et développé de nouvelles politiques afin de réduire la morbidité et la mortalité palustre à l'horizon 2015 (plus de détails sont donnés dans la section Campagne de contrôle du paludisme et tendances des indicateurs du paludisme). L'incidence du paludisme pour 1000 personnes a diminué de 5,9% entre 2000 et 2015 (OMDS 2015) et s'il est difficile de déterminer la mortalité spécifique au paludisme, la mortalité infantile toutes causes confondues a diminué de 51% entre 2000 et 2012 (Kayentao et al., 2018). Considérant la forte prévalence du paludisme dans les services pédiatriques au début de cette période, la lutte contre le paludisme a joué un rôle certain. Au même moment, on note une variation du taux de fécondité qui est passé de 6,8 à 6,1 enfants par femme entre 2006 et 2012 (EDS, 2006 et 2012).

L'objectif de ce chapitre est d'estimer l'impact du paludisme sur la fécondité, compte-tenu de la diminution du niveau du paludisme observée au Mali entre 2000 et 2012, de façon hétérogène entre groupes ethniques. Cette stratégie a déjà été utilisée dans un papier du Journal of African Economies que j'ai co-écrit avec d'autres (J. Thuilliez et al. 2017). Les limites avaient été mises en exergue par les rapporteurs, mais l'estimation reste néanmoins intéressante et originale, malgré toutes ses limites.

⁶ Objectif 6c du millénaire pour le développement qui était d'arrêter la progression de l'incidence du paludisme et inverser sa tendance entre 2000 et 2015. https://odd.hcp.ma/glossary/OMDS-6-Combattre-le-VIH-sida-le-paludisme-et-d-autres-maladies_gw8.html.

La suite de ce chapitre est organisée comme suit : la section 1 présente le contexte de l'étude, la section 2 décrit la stratégie empirique, la description des données et des variables est faite dans la section 3, les résultats sont présentés dans la section 4. Enfin, la discussion et la conclusion sont développées à la section 5. Notez que cette étude est la plus exploratoire des quatre chapitres.

1.1. Contexte

1.1.1. Paludisme et fécondité : canaux possibles de transmission

Le paludisme est une maladie parasitaire humaine due au parasite du genre *Plasmodium*, transmise par la piqûre infectante du moustique *Anopheles*, lors du repas sanguin. Bien que, cinq espèces de *Plasmodium* soient responsables du paludisme humain, *Plasmodium falciparum* (*P.falciparum*) est l'espèce la plus virulente et la plus mortelle. La distribution spatiale des *Anopheles* dépend des conditions climatiques et environnementales, ainsi que, du comportement humain (Ceccato et al. 2005; Stresman 2010). La mortalité et la morbidité dues au paludisme sont plus élevées pendant l'enfance. Outre les jeunes enfants, les femmes enceintes constituent une population particulièrement vulnérable. Les effets du paludisme pendant la grossesse sont multiples et peuvent aller au-delà de la durée de la grossesse. Ces effets englobent l'anémie maternelle et l'infection placentaire, qui sont responsables d'avortements, de faibles poids à la naissance, un accouchement prématuré et des mort-nés (Nair and Nair 1993). Le faible poids à la naissance et la prématurité constituent des risques élevés de décès néonatal et infantile (Callaghan et al. 2006).

La réduction du fardeau du paludisme chez les enfants et les femmes enceintes peut affecter la fécondité à travers plusieurs mécanismes. La fécondité est fonction de la fertilité⁷ (capacité physiologique d'avoir des enfants), la survie des enfants et la préférence du nombre d'enfants des parents. Parmi les autres facteurs, le revenu du ménage, l'éducation, la disponibilité des moyens

⁷ La fécondité est la capacité biologique d'une femme, d'un homme ou d'un couple à produire une naissance vivante. Au-delà des variations individuelles, la fertilité chez les femmes atteint son maximum vers l'âge de 20 ans, commence à diminuer lentement jusqu'à 35 ans, puis plus rapidement après 35 ans jusqu'à ce qu'elle tombe à zéro vers 45 ou 50 ans. (<https://population-europe.eu/glossary>).

de contraception, la mortalité infantile sont des facteurs importants dans la décision de fécondité des parents (Handa 2000; Yamada 1985).

Les effets du paludisme sur la fécondité sont directs et indirects. Les effets directs transitent par des avortements spontanés, la mortinaissance, mais aussi par l'effet cumulatif des épisodes cliniques sur la fertilité. Le paludisme clinique affecte l'état de santé, aussi bien des hommes que des femmes, ce qui pourrait diminuer la fréquence des rapports sexuels. Les effets indirects transitent principalement, par la mortalité infantile ou les investissements dans l'éducation. Le premier mécanisme implique que les parents essaient d'avoir des enfants supplémentaires pour remplacer, ceux qui mourront, ou, fonderont leur décision de fécondité en anticipant le nombre d'enfants qui survivront (Arroyo and Zhang 1997). Le deuxième mécanisme implique que les parents privilégient la qualité des enfants à la quantité, comme discuté en introduction.

1.1.2. Lutte contre le paludisme et tendances des indicateurs de 2000 à 2012

Les années 90 ont été marquées par un début d'engagement politique en matière de lutte contre le paludisme au Mali. Les campagnes d'élimination des gîtes de reproduction des moustiques, la chimioprophylaxie avec la chloroquine et les pulvérisations intradomiciliaires d'insecticide ont été les actions concrètes de lutte contre le paludisme pendant cette période. Ensuite, il y a eu la création du Malaria Research and Training Center (MRTC) en 1992 et celle du programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) en 1993. Le MRCT a pour mission d'orienter les politiques de lutte contre le paludisme, en fournissant des résultats basés sur des preuves scientifiques (Koné et al. 2015). En se basant sur les résultats du MRTC, mais aussi, en tenant compte des orientations de l'OMS, le PNLP définit des stratégies nationales, afin de garantir un accès équitable et universel aux moyens de lutte contre le paludisme, dans l'ensemble du territoire malien.

Depuis 2000, le gouvernement, en collaboration avec ses partenaires, a défini de nouvelles politiques de lutte contre le paludisme, dans le but de réduire de moitié l'incidence du paludisme à l'horizon 2015. Ces politiques, basées sur des interventions spécifiques, visaient particulièrement les couches sociodémographiques les plus affectées (femmes enceintes et les

enfants moins de 5 ans). Le PNLP a lancé un premier plan stratégique quinquennal (2001-2005), dont l'objectif était d'assurer, une couverture en Moustiquaires Imprégnées d'Insecticide (MII) chez les enfants de moins de 5 ans et femmes enceintes, le traitement préventif intermittent chez la femme enceinte (TPI-g) et la prise en charge des cas de paludisme. Le plan stratégique pour les moustiquaires a été mis en œuvre en collaboration avec le programme Net Mark, un projet financé par l'Agence des États Unis pour le Développement International (USAID). Par conséquent, la taxe sur les MII a été supprimée en 2001, pour une période de 5 ans et des activités de sensibilisation sur leur utilisation ont également été effectuées. Le TPI-g, qui consiste à administrer un antipaludique (Sulfadoxine-pyriméthamine : SP), afin de protéger la femme enceinte et son fœtus, a été introduit en 2003. La SP, était subventionnée partiellement jusqu'à la mise en place de la gratuité en 2011. Le TPIP-g, a un double effet, il permet d'éliminer l'infection placentaire initiale et prévient de nouvelles infections. En 2005, l'Initiative du Président contre le Paludisme (PMI), un programme américain pour le paludisme, a consacré 1,2 milliard de dollars à la lutte contre le paludisme au Mali (PMI, 2015). Bien entendu, toutes ces mesures prennent du temps à se mettre en place et les effets n'ont pas été observés immédiatement.

Un deuxième plan stratégique pour 5 ans (2007-2011) a été élaboré en 2006. Le programme, dont la cible était les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes, avait pour objectif de réduire de 50% la mortalité et la morbidité liées au paludisme, par rapport au taux de mortalité infantile de 2000 et la létalité du paludisme de 80% dans les structures de santé, par rapport au taux de 2005 (PNLP, 2006). En 2006, un programme de dons des MII aux enfants de moins de 5 ans a été lancé combiné aux soins de routine (vaccinations, suivi de croissance des enfants) et aux femmes enceintes, lors des consultations prénatales. Pendant la même année, la première campagne de distribution gratuite des moustiquaires a eu lieu, au cours de laquelle 2,3 millions de moustiquaires imprégnées d'insecticides à longue durée (MILD), ont été distribuées à des enfants de moins de cinq ans et à des femmes enceintes. Cette campagne a concerné toutes les régions du Mali, sauf Gao et de Tombouctou, où 220 000 MILD avaient déjà été distribuées à ces mêmes groupes sociodémographiques. Ensuite, une nouvelle ligne directrice dans la politique de traitement du paludisme a été instaurée en 2007. Cette ligne directrice, a consisté au changement de la monothérapie avec la chloroquine, par les CTA. Une étude pilote sur la pulvérisation intradomiciliaire (PID) a été mise en œuvre en 2008, dans les districts sanitaires de

Koulikoro et Bla et dans celui de Braoueli en 2011. La PID est une stratégie complémentaire de lutte contre les anophèles. Elle consiste à recouvrir les murs et les autres surfaces d'une maison avec un insecticide à effet résiduel. Le but de la PID est de prévenir la transmission du paludisme. Son effet dure 2 à 12 mois selon le type d'insecticide. À partir de 2010, la gratuité totale du traitement du paludisme, pour les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes a été instaurée. Une campagne pilote de CPS chez les enfants âgés de 3 à 59 mois a été réalisée dans le district de Koutiala (MSF 2013a). La CPS consiste à administrer une association d'antipaludiques, Amodiaquine + Sulfadoxine – pyriméthamine (AS/SP), par mois pendant la période de forte transmission du paludisme, afin de protéger le groupe d'âge cible. En 2011, un programme de couverture universelle en MILD a été lancé, la région de Sikasso a été choisie pour réaliser la phase pilote. Enfin, en 2012, une campagne de distribution de MILD a été réalisée dans les régions de Kayes, Ségou et Mopti. Compte tenu, des problèmes sécuritaires de 2012, les régions du Nord n'ont pas pu être couvertes par cette campagne, mais le paludisme y est moins prévalent qu'au Sud également. La figure 1.1, présente les niveaux des indicateurs de lutte contre le paludisme de 2001 à 2012. Les ménages possédant au moins une MII s'élevaient à 54% en 2001, et 74% d'entre eux ont déclaré que, tous ou certains de leurs enfants de moins de 5 ans avaient dormi sous des moustiquaires la nuit précédant l'enquête (EDS, 2001). L'accès aux MII était passé de 69% en 2006 à 84% en 2012 (EDS, 2006 et 2012). De 2006 à 2012, les taux d'utilisation des MII étaient passés de 26% à 69% et de 28 à 73% respectivement chez les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes. Le pourcentage de femmes enceintes ayant reçu une dose de TPI-g est passé de 10% en 2006 à 29% en 2012. Seulement, 4% de la population était couverte par le programme de PID entre 2008 et 2012. Parmi les personnes ayant consulté dans les centres de santé, 25% et 55% avaient le paludisme respectivement en 2008 et 2012 (Kayentao et al. 2018). Cette augmentation, pourrait s'expliquer par la gratuité des soins du paludisme, qui a amélioré l'accès aux soins du paludisme des enfants de moins de 5 ans et des femmes enceintes. La prévalence de l'anémie sévère liée au paludisme a diminué de 24,4% entre 2001 (33%) et 2012 (25%). La mortalité infantile, toutes causes confondues, y compris le paludisme, entre les périodes 2002-2006 et 2008-2012 est passée respectivement de 192 à 95 pour 1000 naissances vivantes, soit une diminution de 51% (Kayentao et al. 2018).

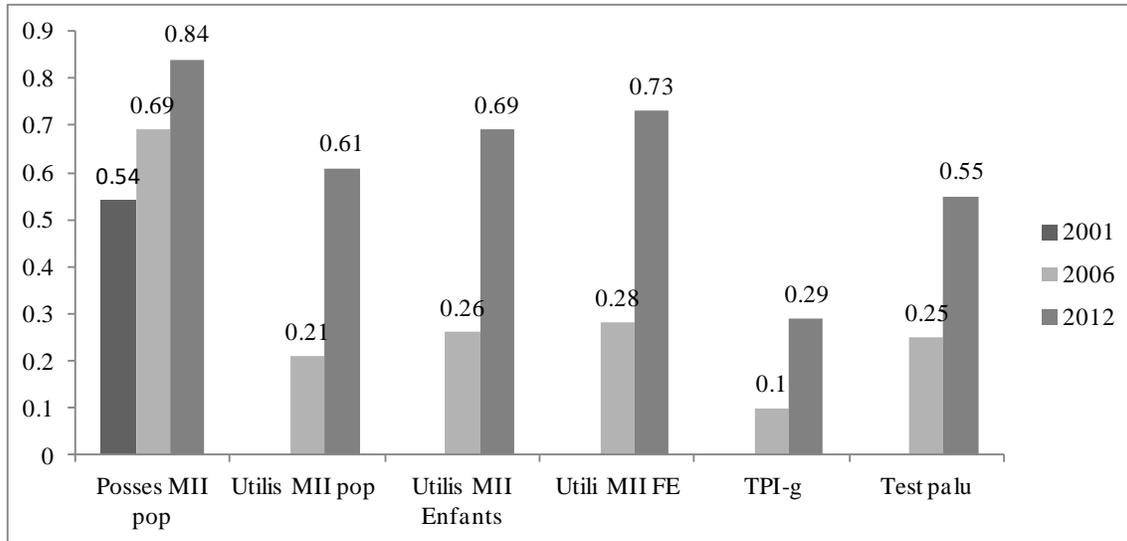


Figure 1. 1 : Tendance des indicateurs de contrôle du paludisme au Mali de 2001 à 2012

1.1.3. Différence de susceptibilité au paludisme entre les groupes ethniques sympatriques

Les peulhs sont traditionnellement des éleveurs nomades et se sont maintenant installés dans diverses parties du continent africain dont le Mali. Ils représentent environ 15% de la population malienne et vivent dans toutes les zones, avec des densités d'habitants variant selon les régions. Les dogons sont traditionnellement des agriculteurs, vivant principalement dans la région de Mopti et représentent 9% de la population malienne (RGPH, 2009). Bien que la situation change, les peulhs et les dogons sont des groupes sympatriques, ce qui signifie qu'ils ne se marient pas entre eux. Ceci est toujours vrai dans la plupart des zones rurales du Mali.

Plusieurs études épidémiologiques, portant sur la question de susceptibilité au paludisme entre groupes ethniques, ont comparé les peulhs aux dogons au Mali qui cohabitent ensemble depuis, plusieurs siècles. Ces études ont trouvé que, la prévalence des parasites du paludisme, la densité parasitaire et la survenue du paludisme clinique étaient plus faibles chez les peulhs que les dogons (A Dolo et al. 2012; Amagana Dolo et al. 2005). Des différences de comportements socioculturels entre les deux groupes ethniques, tels que le type d'habitat (cases rondes en paille ou toits en paille pour les peulhs et maisons avec des toits en banco pour les dogons) (Amagana Dolo et al. 2005), ou le fait que le lait constitue l'alimentation de base des peulhs, n'expliquent

pas la différence de susceptibilité au paludisme entre les deux groupes (Lokki et al. 2011). Modiano et al., ont trouvé que les rimaïbés, connus comme esclaves traditionnels des peulhs, qui vivaient dans les mêmes concessions que leurs maîtres, étaient plus affectés par le paludisme que ces derniers (David Modiano et al. 2001). Les marqueurs génétiques et immunitaires ont été trouvés associer à cette différence susceptibilité entre dogons and peulhs, même si, le marqueur spécifique reste à identifier (Bereczky et al. 2006; David Modiano et al. 2001; Nasr et al. 2008; Vafa et al. 2007b, 2009). Par conséquent, la protection biologique des peulhs, contre le paludisme est plus plausible que la protection liée à des facteurs comportementaux.

1.2. Spécification empirique

La stratégie d'identification repose sur la différence naturelle de susceptibilité au paludisme entre les groupes ethniques peulhs et dogons et la variation temporelle de la prévalence du paludisme entre 2006 et 2012. L'équation (1) permet d'estimer l'effet du paludisme sur la fécondité, en utilisant la méthode de double différence (DD).

$$b_{jy} = \alpha + \beta * (Palu_{jy} \times Dogon_i) + Palu_{jy} + Dogon_i + \theta X_i + \rho_j + \gamma_y + \varepsilon_{ijy} \quad (1)$$

Où b est l'indicateur de la fécondité, le nombre d'enfants nés vivants par femme dans une grappe j , au cours de l'année y . $Palu_{jy}$ est la prévalence de *P. falciparum* chez les enfants de 2 à 10 ans dans une grappe j , pendant l'année y . $Dogon$ est une variable indicatrice qui détermine l'ethnie, i égal à 1 si dogon et 0 si peulh. β est le coefficient d'intérêt. Les covariables X incluent les caractéristiques des ménages dont la taille du ménage (nombre de membres du ménage), le quintile de richesse du ménage, le niveau d'éducation des femmes et le type de zone dans lequel se situe le ménage (rural ou urbain), le sexe de l'enfant, l'historique de maternités des femmes (décédés d'enfants, fauche couche, avortement, mort-né) et l'utilisation des méthodes de contraception par les femmes. ρ et γ sont respectivement les effets fixes régionaux et annuels.

L'identification est basée sur quatre hypothèses :

- (i) Le groupe ethnique peulh est naturellement moins affecté que, le groupe ethnique dogon, mais les deux groupes sont exposés au même risque d'être infecté par *P. falciparum*. En

outre, il existait très peu de brassage génétique entre les deux groupes, car les mariages mixtes peulh et dogon sont rares.

- (ii) La prévalence du paludisme a diminué de 2006 à 2012, suite à l'intensification des campagnes de lutte contre le paludisme par le gouvernement au niveau national et rien ne permet de penser que les interventions étaient liées à un groupe ethnique spécifique. On s'attend à ce que, cette diminution soit plus importante chez les dogons que chez les peulhs.
- (iii) Bien que, certaines préoccupations aient été soulevées, par rapport à l'effet des insecticides utilisés pour imprégner les moustiquaires ou les PID (pyréthrine) sur le système de reproduction humain, il n'y a aucune preuve scientifique que ces produits aient des effets sur la fécondité (Saillenfait, Ndiaye, and Sabaté 2015). Une recherche de documentation sur les effets directs des autres types d'interventions (antipaludiques préventifs et curatifs) sur la fécondité n'a donné aucun résultat. Par ailleurs, comme nous l'avons dit, le changement politique vient principalement de l'aide internationale et d'une redéfinition des priorités du gouvernement. Par conséquent, le changement de la prévalence du paludisme intervenu entre les deux périodes pourrait être considéré comme exogène et serait faiblement anticipé par les ménages, surtout en zone rurale. Il est également peu plausible que le paludisme ait diminué simplement via un changement des ressources des ménages spécifiquement allouées aux soins contre le paludisme dans un pays aussi pauvre que le Mali, sans intervention d'un choc d'aide ou du gouvernement. Nous contrôlons cependant le niveau de pauvreté dans notre équation. Bien entendu, cette hypothèse est discutable et est discutée ci-dessous.
- (iv) En l'absence d'un changement du niveau du paludisme, toutes choses égales par ailleurs, la tendance de la fécondité ne changerait pas de façon différentielle entre les peulhs (groupe de contrôle) et les dogons (groupe de traitement).

La spécification de notre modèle serait appropriée pour identifier l'effet du paludisme sur la fécondité. Cependant, même si le paludisme est intimement lié au climat et à l'écologie, les jeunes enfants jouent un rôle important dans le maintien de la transmission des parasites du paludisme de l'homme aux moustiques, à travers des productions importantes des gamétocytes. Les gamétocytes, qui sont les stades sexués du *Plasmodium*, permettant au parasites de maintenir leur cycle de vie entre l'homme et les moustiques, sont plus fréquents chez les jeunes enfants (Ouédraogo et al. 2007; Saleeza, Norma-Rashid, and Azirun 2011). Mais, en même temps, la population des jeunes enfants est élevée dans les sociétés où le

niveau de fécondité est élevé. Cela implique, qu'il pourrait exister une causalité inverse entre la fécondité et la prévalence du paludisme. En gardant cette hypothèse à l'esprit, le test d'endogénéité Durbin-Wu-Hausman a été effectué. Les instruments suivants ont été utilisés, le taux d'inoculation entomologique (TIE) qui détermine le niveau de transmission du paludisme (Epopa et al. 2019) ; les prévalences des marqueurs génétiques hémoglobine S (HbS) et glucose-6-phosphate déshydrogénase (G6PD), qui sont associés à la morbidité et la prévalence du paludisme (Crompton et al. 2008; Gonçalves et al. 2017; López et al. 2010; Okafor, Okoroiwu, and Ekechi 2019; Travassos et al. 2015) (Equation 2). La valeur statistique du test Durbin-Wu-Hausman (DWH) est statistiquement significative (53,44) à 1 %, ce qui indique que la variable paludisme doit être traitée comme une variable endogène. L'inconsistance des estimations du modèle des moindres carrés ordinaires (MCO) pourrait s'expliquer également par la présence de variables endogènes dans le modèle (Tableau 1. IX). Pour les tests de validité des instruments, le test de suridentification de Hansen a été utilisé, il indique que les instruments sont valides. Finalement, l'équation (3) est utilisée pour estimer l'effet du paludisme sur la fécondité.

$$Palu_{jy} = \pi_0 + \pi_1 Z_i + \pi_2 X_i + \pi_3 * (Palu_{jy} \times Dogon_i) + \varepsilon_{ijy} \quad (2)$$

Où, Z_i sont les variables instrumentales que sont, le TIE, les prévalences de G6PD et HbS.

$$F_{jy} = \delta_0 + \delta_1 * (Palu_{jy} \times Dogon_i) + \delta_2 \widehat{Palu}_{jy} + \rho_j + \gamma_y + \omega_{ijy} \quad (3)$$

F_{jy} est l'indicateur de fécondité, δ_1 est le coefficient d'intérêt.

1.3. Données

Pour les caractéristiques des ménages et l'historique des naissances, les bases de données d'EDS, réalisées en 2006 et 2012 ont été utilisées. La méthode d'échantillonnage de l'EDS est appropriée du point de vue représentativité et précision (Aliaga and Ren 2006). Dans les EDS, des informations représentatives sur la population sont collectées à l'aide d'une procédure d'échantillonnage en grappes à deux niveaux. L'unité primaire est une circonscription administrative (commune, cercle) et la seconde unité est le ménage. Chaque ménage sélectionné est interrogé à l'aide d'un questionnaire individuel hommes (15 - 59 ans), femmes (15 - 49 ans)

et enfants de moins de cinq ans. Ces bases ont été combinées pour obtenir une base unique. Les valeurs moyennes des données sont présentées au niveau grappe.

Les données de *P. falciparum*, du TIE et de marqueurs génétiques HbS et de G6PD proviennent de la base des données de MAP. Le MAP estime la proportion d'infection à *P. falciparum* chez les enfants de 2 à 10 ans, en combinant les informations d'études épidémiologiques issues de plusieurs sources, de données administratives, des caractéristiques climatiques et environnementales (Anand P. Patil, 2011). La proportion est estimée sur une grille de 1 Km². Cette proportion étant équivalente à la prévalence du paludisme, dans la suite du document le terme prévalence sera utilisé.

Les bases de données d'EDS et MAP ont été combinées, en utilisant la variable contenant le numéro d'identification des grappes comme variable clé.

Les enquêtes EDS de 2012 n'ont concerné que cinq (Kayes, Koulikoro, Sikasso, Ségou et Mopti) des huit régions du Mali du fait de l'insécurité dans le nord. Les trois régions du nord (Gao, Tombouctou et Kidal) n'ont donc pas été incluses dans cette étude. De même, Bamako, la capitale, a été exclue de l'analyse car, toutes les grappes sont concentrées dans la même ville et la population est très hétérogène.

1.4.Résultats

1.4.1. Analyse descriptive

Globalement, la prévalence du paludisme a diminué entre 2006 et 2012, passant de 43% à 27%, soit une baisse de 16%.

Le tableau 1.I présente les comparaisons des caractéristiques moyennes des variables sélectionnées, entre les groupes ethniques dogon et peulh, avant (2006) et après (2012) les campagnes intensives de lutte contre le paludisme. L'indicateur du paludisme doit être interprété comme la prévalence de *P. falciparum* dans une grappe, compte tenu de la densité des peulhs ou dogon, dans cette grappe. En d'autres termes, dans une grappe donnée, si les dogons, plus peuplés que les peulhs, on s'attend à ce que la prévalence du *P. falciparum* soit élevée. Si les

peulhs sont plus peuplés, on s'attend à ce que la prévalence du paludisme soit faible. En 2006, la prévalence était plus élevée chez les dogons que les peulhs : 43% contre 39%, avec une différence de 4% entre les deux groupes ($p < 0,001$). La différence observée de 4%, entre les deux groupes ethniques était similaire à celle de Dolo et al. en 2000. En 2012, la prévalence a diminué, mais la diminution a été plus importante chez les dogons (28%), que chez les peulhs (26%), avec respectivement 39,5% et 28,2% ($p < 0,001$). Le nombre moyen de naissances vivantes par femme (au niveau grappe) était plus élevé chez les dogons (6,6), que chez les peulhs (6,3) en 2006 ($p < 0,001$). En 2012, ce nombre était de 5,3 dans chacun des groupes ($p = 0,811$). La taille du ménage était plus élevée chez les dogons que chez les peulhs en 2006, 7,0 contre 6,8 ($p < 0,001$), mais similaire entre les deux groupes en 2012. L'âge moyen du chef de ménages était similaire entre les deux groupes, aussi bien en 2006 qu'en 2012. L'âge moyen des femmes, était plus élevé chez les dogons (36,3 ans) que chez les peulhs (35,2 ans), $p < 0,001$ en 2006, la même tendance a été observée en 2012. Le niveau d'éducation des femmes du groupe dogon (4,2 années) était plus élevé que, celui des femmes du groupe peulh (3,7 années) en 2006 ($p < 0,001$), mais cette différence disparaît en 2012 (3,9 ans). En ce qui concerne, le décès infantile, l'âge moyen du décès chez les enfants de moins de 5 ans était plus élevé dans le groupe dogon, que chez les enfants du groupe peulh, 11,3 mois contre 4,7 mois en 2006. La même tendance a été observée en 2012, mais relativement à 2006, l'âge moyen du décès avait augmenté dans les deux groupes, respectivement 22,2 mois et 15,9 mois ($p < 0,001$).

1.4.2. Impact du paludisme sur la fécondité

Le tableau 1.II présente les estimations de l'impact du paludisme sur la fécondité par la méthode des doubles de moindres carrés ordinaires (DMCO). Les erreurs standards robustes sont entre les parenthèses. Les valeurs des variables sont des moyennes ou proportions au niveau grappe, excepté les variables région et année qui sont catégorielles. La colonne (1) contient les estimations du modèle simple. Dans la colonne (2), le modèle contrôle pour les caractéristiques des ménages, incluant la taille du ménage et le quintile de richesse (la catégorie de comparaison est le quintile de ménages très pauvres). Dans les colonnes (3), (4) et (5) le modèle contrôle respectivement pour la zone de résidence (rural/urbain), le sexe de l'enfant (catégorie de comparaison est la proportion de sexe masculin) et le statut d'utilisation des moyens de

contraception. Dans la colonne (6), le modèle contrôle pour l'âge et le niveau d'éducation de la femme et dans la colonne (7), il contrôle le statut d'expérience d'enfants décédés et des pertes de grossesse (avortement, fausse couche ou mort-né). La colonne (8) contient les estimations du modèle complet avec les effets fixes annuels et régionaux. Le coefficient de la variable d'intérêt (Dogon x Paludisme) est, quelle que soit la configuration du modèle, toujours négatif et significatif au seuil de 1% (Colonne 1 à 8). En se fondant sur les estimations du modèle complet (colonne 8, coefficient = -0,236 E.T = 0,05), pour un point de pourcentage de plus, de l'infection palustre dans une grappe (commune ou cercle), les dogons auront 0,24 enfants de moins que les peulhs. Donc, une diminution d'un point de pourcentage de l'infection palustre, dans une grappe, les dogons auront 0,24 enfant de plus que les peulhs. La diminution de 16% de l'infection palustre observée entre 2006 et 2012, implique que les dogons auront eu 3,68 enfants de plus que les peulhs.

Cependant, ces résultats pourraient ne pas refléter l'impact réel du paludisme sur la fécondité, à cause de l'hétérogénéité des groupes ethniques qui vivent dans une même zone au Mali. Par conséquent, notre modèle surestime ou sous-estime, l'effet du paludisme sur la fécondité, s'il existait des groupes ethniques qui sont autant affectés ou plus affectés par le paludisme que les dogons. Ceci est également vrai, s'il existait des groupes ethniques, qui sont affectés au même titre ou moins affectés par le paludisme que les peulhs. L'existence de cette hétérogénéité est testée dans la section suivante, en considérant les groupes ethniques non-peulh comme groupe traité.

En résumé, les résultats de cette étude montrent que le paludisme affecte négativement la fécondité des dogons relativement aux peulhs. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Lucas, qui montre que l'élimination du paludisme avait augmenté la fécondité au Sri Lanka (Lucas 2013), mais contraste avec ceux de McCord et al. (2017), qui montrent que le paludisme est corrélé positivement avec un niveau élevé de la fécondité (McCord, Conley, and Sachs 2017).

1.4.3. Vérification de la robustesse

1.4.3.1. Spécifications : peulh et non-peulh

Ainsi, dans une grappe donnée, en plus des peulhs et dogons, d'autres groupes ethniques y vivent. En tenant compte uniquement de ces deux groupes dans le modèle, les estimations pourraient être biaisées. Pour tester cela, toutes les ethnies non peulh, excepté l'ethnie dogon, ont été incluses dans le groupe de traité, et l'ethnie peulh est maintenue dans le groupe de contrôle. Les estimations DMCO sont dans le tableau 1. III. Le coefficient du modèle complet reste négatif et significatif au seuil de 1% (-0,206, E.T = 0,013). Pour une prévalence de l'infection palustre d'un point de pourcentage de plus, les non-peulhs auront 0,21 enfant de moins que les peulhs. Donc, si l'infection palustre diminue d'un point de pourcentage, il y aura une augmentation de 0,21 enfant de plus chez les non-peulhs que les peulhs. Cela implique que, le modèle initial dans lequel l'ethnie dogon seule est utilisée comme groupe traité, aurait surestimé l'effet du paludisme sur la fécondité. Malgré, l'effet partiel capté, le modèle est original et l'estimation est intéressante.

1.4.4. Mécanismes potentiels de l'effet du paludisme sur la fécondité

Les hypothèses testées ici, sont basées sur les résultats des études antérieures, sur le lien entre la fécondité et les facteurs socioéconomiques ou démographiques. Notamment, les liens entre la fécondité, les préférences de fécondité des parents, la mortalité infantile, l'issue des grossesses (avortement, fausse couche, mort-né), le rang de naissance et le niveau d'éducation des femmes ont été analysés.

1.4.4.1. Préférence de fécondité

Le nombre d'enfants que les parents souhaitent avoir est fortement corrélé au nombre d'enfants qu'ils ont actuellement (Westoff, 1990). Le tableau 1.IV présente les estimations par les DMCO des effets du paludisme sur le nombre idéal d'enfants qu'une femme devrait avoir, selon les déclarations des femmes. A l'exception du coefficient de la colonne (4), les coefficients des

autres colonnes sont négatifs. Le coefficient du modèle complet dans la colonne (8) est négatif mais non significatif. Les estimations de la colonne (4), dans laquelle le modèle contrôle pour la variable sexe de l'enfant (Féminin = 1), donne un coefficient positif et significatif pour la variable indicatrice du sexe de l'enfant. Ce coefficient indique que la fécondité augmente si le sexe de l'enfant est féminin. Autrement dit, les parents ont tendance à avoir un autre enfant supplémentaire, si l'enfant est une fille. Cet effet pourrait être intéressant mais, il disparaît dans le modèle le plus complet.

1.4.4.2. Rang de naissance et fécondité

Nous analysons les effets hétérogènes par rang des naissances dans le Tableau 1.V. L'effet du paludisme est plus élevé et négatif durant les premières grossesses que pendant les grossesses suivantes, de façon générale chez les dogons par rapport aux peulhs. Le tableau 1.V présente les estimations DMCO du modèle complet, selon le rang de naissance. La colonne « Tous » reprend la colonne (8) de la Table 1.II pour rappel et contient les estimations du modèle complet sans tenir compte de l'ordre de naissance. Les coefficients de la variable d'intérêt (Dogon x Paludisme) du premier au quatrième rang de naissances, pris individuellement ne sont pas concluants (RN1, RN2, RN3, RN4), probablement du fait d'un nombre d'observations limité. Quand ces rangs sont regroupés, notamment pour les quatre premiers rangs de naissances (RN 1 - 4), le coefficient est négatif et significatif au seuil de 1%, alors qu'à partir du cinquième rang de naissance (RN 5-16), le coefficient est positif et significatif au seuil de 1%.

Ces résultats, indiquent que le paludisme a un effet négatif sur la fécondité chez les femmes jusqu'à la quatrième maternité chez les dogons par rapport aux peulhs. Plusieurs tests de sensibilité ont été faits qui confirment le seuil de la quatrième maternité. Au-delà de la quatrième maternité, l'effet du paludisme sur la fécondité est positif chez les dogons par rapport aux peulhs. Cela signifie qu'une baisse du paludisme aura un effet négatif chez les dogons par rapport aux peulhs au-delà de la quatrième naissance. Les avortements, fausse couche, mort-né, et faible poids de naissance liés au paludisme sont plus fréquents lors des premières grossesses, car l'immunité semi-protectrice contre le paludisme n'est complètement installée chez la femme, pendant cette période de maternité. Le faible niveau de fécondité chez la cohorte des femmes dogons, qui sont à leurs quatrième maternités par rapport aux femmes peulhs de la même

cohorte, pourrait s'expliquer par l'insuffisance de l'immunité antipaludique. Au-delà de la quatrième maternité, les femmes ont acquis un niveau d'immunité anti-palustre, leur permettant de mener à terme leurs grossesses et faire des naissances vivantes.

1.4.4.3. Fécondité et avortements, fausses couches et mort-nés

Le tableau 1.VI, présente les estimations DMCO, pour les groupes de femmes dont, au moins, une grossesse n'a pas abouti à une naissance vivante. Pour des raisons de faible nombre d'observations, les estimations pour les groupes de femmes n'ayant pas connu de perte de grossesse n'ont pas pu être faites. La colonne (1) contient les estimations du modèle sans la variable de contrôle, nombre d'enfants décédés et la colonne (2) contient celles du modèle complet. Le coefficient d'intérêt est négatif, mais significatif au seuil de 5 %, que quand le modèle contrôle pour la variable décès d'enfants. Le coefficient d'intérêt du modèle complet, indique que chez les femmes ayant eu au moins une grossesse non abouti à une naissance vivante, pour un point de pourcentage de plus de l'infection palustre, les dogons auront 0,14 enfants de moins que les peulhs. Inversement si l'infection palustre diminue d'un point de pourcentage, les dogons auront 0,14 enfants de plus que les peulhs. Ces résultats, impliquent que le décès d'enfant et la perte de grossesse (avortement, fausse couche, mort-né) sont corrélés et contribuent conjointement à l'effet du paludisme sur la fécondité.

1.4.4.4. Fécondité et décès d'enfants

Le tableau 1.VII, présente les estimations DMCO, pour l'échantillon de femmes, dont, au moins, un enfant est décédé (entre 0 et 5 ans). Pour des raisons de faible nombre d'observations, les estimations pour les groupes de femmes n'ayant pas connu de décès d'enfants (ou âge de décès supérieur à 5 ans) n'ont pas pu être faites. Dans la colonne (1), le modèle ne contrôle pas pour la variable perte de grossesse (avortement, fausse couche ou mort-né) et dans la colonne (2) les estimations du modèle complet sont fournies. Les coefficients sont négatifs et significatifs au seuil de 1%, indiquant que les décès d'enfants, les avortements, les fausses couches ou les mort-nés sont fortement associés au niveau de fécondité lié au paludisme. En se référant au tableau 1.VI, où est estimé l'effet du paludisme sur la fécondité chez les femmes ayant connu au moins

une perte de grossesse, la colonne (2) qui contient les estimations du modèle complet, l'effet est négatif et significatif au seuil de 1%. La colonne (1), dans laquelle le modèle ne contrôle pas le nombre d'enfants décédés, l'effet disparaît. Cela qui suggère, bien que, le décès d'enfants et la perte de grossesse contribuent à l'effet du paludisme sur la fécondité, l'effet de la mortalité infantile est plus important.

1.4.4.5. Fécondité, nombre d'enfants par femme et nombre d'années d'éducation des femmes

Le tableau 1.VII présente les estimations de l'effet du paludisme sur la fécondité chez les groupes de femmes ayant 1 à 3 enfants et 4 à 6 enfants respectivement dans les colonnes 1 et 2. Les coefficients sont négatifs, mais significatifs (seuil de 1%) que chez les femmes qui ont un nombre élevé d'enfants. Le montant du coefficient (0,22) est pratiquement similaire à celui de l'estimation chez toutes les femmes sans tenir compte du nombre d'enfants (0,23). Donc, l'échantillon des femmes avec un nombre élevé d'enfants, explique l'effet du paludisme sur la fécondité du modèle. Le nombre d'enfants est plus élevé chez les femmes ayant un niveau d'éducation faible. Les colonnes 3 et 4 contiennent les estimations respectivement chez les femmes ayant un nombre d'années d'éducation de 1 à 5 ans et 6 à 7 ans. Dans la colonne 3, le coefficient d'intérêt (0,28) est négatif et significatif au seuil de 1%. Le coefficient, dans la colonne 4, est positif et significatif au seuil de 10%.

Les femmes ayant un niveau d'éducation élevé auront tendance à mieux se protéger du paludisme, car elles sont plus informées sur les soins du paludisme que, celles ayant un niveau d'éducation faible. Donc, dans l'échantillon de cette étude, les femmes ayant un niveau d'éducation élevée et leurs enfants auraient été moins affectés par le paludisme que celles qui étaient moins éduquées ainsi que leurs enfants. Bien que, non testée dans cette étude, l'éventuelle différence d'utilisation des soins du paludisme surtout pendant la grossesse et chez les enfants entre les groupes de femmes, expliquerait l'hétérogénéité de l'effet paludisme sur la fécondité des deux groupes.

Conclusion

L'existence d'une différence naturelle de susceptibilité au paludisme entre deux groupes ethniques au Mali et la variation du niveau de paludisme entre 2006 et en 2012 au Mali, nous a permis d'identifier un modèle de quasi-expérimentation (DD), pour évaluer l'impact du paludisme sur la fécondité.

Les résultats indiquent que, globalement le paludisme a un effet négatif et significatif sur la fécondité. Au regard, des effets hétérogènes, nos résultats vont dans le même sens que Lucas (2013), si on se focalise sur les femmes ayant un niveau d'éducation faible qui ont tendance à avoir beaucoup d'enfants et dans le même sens que ceux de McCord et al. (2017) si on se focalise sur les femmes qui ont un niveau d'éducation élevé avec peu d'enfants.

La mortalité infantile, le poids du paludisme sur la grossesse (avortement, fausse couche, mort-né) ont été trouvés fortement associés au niveau de fécondité.

Ces résultats ont des implications importantes, en termes de politiques de développement, en permettant d'anticiper le poids des investissements à faire dans le capital humain de la nouvelle cohorte d'enfants issus de la phase après élimination du paludisme. On doit s'attendre à deux effets de l'élimination du paludisme : - l'amélioration de la santé de la population en général qui pourra améliorer la production et l'épargne -l'augmentation de la population d'âge dépendante avec ses corolaires de conséquences économiques. Il est alors, important de comprendre au niveau microéconomique plus fin, notamment les ménages, les comportements des agents économiques face au changement du niveau du paludisme. Le chapitre suivant s'insère dans ce cadre, en analysant l'effet du paludisme sur le revenu et l'investissement dans le capital humain des enfants au niveau ménages.

1.5.Limites

Nous aurons pu utiliser les campagnes de lutte contre le paludisme comme variable de traitement dans le modèle. A cause d'une multitude de campagnes de lutte contre le paludisme avec des partenaires diversifiés entre 2006 et 2012, il n'a pas été possible d'identifier les campagnes de lutte comme traitement. Et, si les campagnes étaient coordonnées, nous aurons pu utiliser les

zones où la transmission du paludisme est élevée au départ comme groupe de traitement et celles où le paludisme était moins intense comme groupe de contrôle.

Dans les enquêtes habituelles de l'EDS, des tests de paludisme sont réalisés chez les enfants, ce qui allait permettre d'avoir un meilleur déterminant de la prévalence du paludisme. Dans les EDS de 2006 et 2012, les tests de paludisme n'ont pas été effectués. Nous avons ainsi, utilisé l'indice écologique de la proportion de *P. falciparum*, fourni par Malaria Atlas Project.

Cette étude, n'a concerné que les 5 premières régions du paludisme à cause des données non disponibles en 2012 pour les régions du nord (Gao, Tombouctou et Kidal) et de la forte hétérogénéité de la population de Bamako, la capitale. Donc, ces résultats ne peuvent pas généralisés à l'ensemble du Mali, encore moins à d'autres pays.

D'autres études, tenant en compte des limites de cette étude, sont nécessaires pour mieux éclaircir la question du paludisme et la fécondité.

Tableau 1. I : Statistiques descriptive

	Pré-intervention : 2006									Post-intervention : 2012								
	Peulh			Dogon						Peulh			Dogon					
	Obs.	Moy.	ET.	Obs.	Moy.	ET.	Diff.	(p-value)	Obs.	Moy.	ET.	Obs.	Moy.	ET.	Diff.	(valeur-p)		
Paludisme	6959	0.39	0.2	7017	0.43	0.14	-0.04	< 0.001	6099	0.26	0.13	4979	0.28	0.1	-0.02	< 0.001		
Nbre Enfants Nés Vivants	7213	6.3	2.8	5172	6.6	2.8	-0.384	< 0.001	7001	5.3	2.5	5849	5.3	2.5	0.011	0.811		
Taille Ménage	5459	7.0	2.8	5476	6.9	2.7	0.11	0.035	5873	6.5	2.6	4797	6.6	2.6	-0.082	0.102		
Nbre Idéal Enfants (préférence)	6959	7.5	3.6	7018	7.0	3.5	0.528	< 0.001	6099	7.2	3.3	4979	7.5	3.7	-0.323	< 0.001		
Age Chef Ménage	6959	48.4	14.1	7018	48.7	14.2	-0.235	0.328	6099	47.6	14.0	4979	47.2	13.6	0.325	0.218		
Age Femme	7213	35.2	8.3	5172	36.3	8.4	-1.119	< 0.001	7001	33.1	7.6	5849	33.6	7.6	-0.536	< 0.001		
Nbre Années Educ. Femmes	2511	3.7	1.8	466	4.2	1.8	-0.426	< 0.001	880	3.9	1.8	361	3.9	1.6	0.007	0.947		
Age Décès Enfants (Mois)	3926	14.1	28.7	2661	25.7	29.3	-11.62	< 0.001	64	32.4	42.7	430	24.1	14.2	8.24	0.0025		
Age Décès inf. 5 a (Mois)	3482	4.7	8.3	1952	11.3	11.6	-6.59	< 0.001	53	15.9	15.7	418	22.2	6.7	-6.33	< 0.001		

Note : ET : Ecart-type.

Tableau 1. II : Effet du paludisme sur la fécondité

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Variable dépendante: nombre d'enfants nés vivants par femme							
Dogon x Paludisme	-0.431*** (0.028)	-0.703*** (0.095)	-0.363*** (0.028)	-0.593*** (0.055)	-0.502*** (0.036)	-0.0334*** (0.006)	-0.137*** (0.006)	-0.236*** (0.050)
Paludisme	0.0946*** (0.007)	0.154*** (0.022)	0.0825*** (0.007)	0.121*** (0.011)	0.105*** (0.009)	0.00852** (0.004)	0.0177*** (0.002)	-0.303** (0.129)
Dogon (Peulh=0)	16.77*** (1.099)	27.79*** (3.768)	14.06*** (1.112)	22.83*** (2.130)	19.39*** (1.413)	1.783*** (0.248)	5.525*** (0.248)	10.40*** (2.083)
Taille du ménage		0.0756*** (0.009)						0.0297*** (0.010)
Quintile de richesse (base = très pauvre)								
Pauvre		0.158** (0.072)						0.359*** (0.134)
Intermédiaire		-0.700*** (0.111)						0.680*** (0.123)
Riche		2.255*** (0.353)						0.325*** (0.125)
Très riche		0.371 (0.266)						-0.138 (0.217)
Urbain			-0.537*** (0.051)					0.999*** (0.345)
sexe de l'enfant (Féminin)				1.362*** (0.145)				-0.118 (0.086)
Utilisa contraception					1.996*** (0.164)			0.337** (0.142)
Age femme						-0.00694*** (0.002)		0.000438 (0.005)
Education femme						0.0624*** (0.007)		0.0292 (0.026)
Nombre enfants décédés							2.001*** (0.019)	1.827*** (0.129)
Perte grossesse							-0.229*** (0.015)	-0.0764 (0.103)
Effets fixes années	N	N	N	N	N	N	N	O
Effets fixes régions	N	N	N	N	N	N	N	O
Observations	27765	27765	27765	21381	27765	4689	27753	3440
R-carré	-	-	-	-	-	-	-	-

Note : Cette table contient les estimations DMCO. Les statistiques du test de Durbin Wu-Hausman du modèle complet dans la colonne 8, (Chi carré = 26,17, $p < 0,001$) corrobore avec l'hypothèse d'endogénéité de la variable Paludisme. Les variables instrumentales sont le TIE, les prévalences de G6PD et HbS. Le test de Hansen J, indique que les instruments sont valides (valeur de la statistique = 0,169, $p = 0,681$). Les variables de contrôle sont des moyennes au niveau cluster. N : Non, O : Oui.
* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Tableau 1. III : Effet du paludisme sur la fécondité en utilisant les ethnies non-peulh comme groupe traité

	(1)
Variable dépendante: nombre d'enfants nés vivants par femme	
Non-Peulh‡ x Paludisme	-0.206*** (0.013)
Paludisme	-0.179*** (0.029)
Dogon (Peulh=0)	8.469*** (0.537)
Taille du ménage	0.103*** (0.007)
Quintile de richesse (base = très pauvre)	0.572***
Pauvre	(0.037) 1.482***
Intermédiaire	(0.091) 0.409***
Riche	(0.051) -0.277***
Très riche	(0.057) 0.0631
Urbain	(0.045) -0.343***
sexe de l'enfant (Féminin)	(0.067) 0.613***
Utilisa contraception	(0.064) 0.0121***
Age femme	(0.003) 0.252***
Education femme	(0.018) 0.622***
Nombre enfants décédés	(0.089) -0.574***
Perte grossesse	(0.070) -4.834***
Effets fixes années	0
Effets fixes régions	0
Observations	21640
R-carré	-

Notes : ‡ : Non-Peulh inclut toutes ethnies qui ne sont pas peulh sauf les dogons. Non-peulh = 0 si peulh.
p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01

Tableau 1. IV : Effet du paludisme sur la préférence de fécondité

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Variable dépendante: nombre d'enfants nés vivants par femme								
Dogon x Paludisme	-0.0332*** (0.003)	-0.0208*** (0.005)	-0.0126*** (0.002)	0.00630*** (0.002)	-0.0368*** (0.004)	-0.0197*** (0.002)	-0.00158 (0.002)	-0.00918 (0.010)
Paludisme	0.00138** (0.001)	-0.00129 (0.001)	-0.00228*** (0.001)	-0.00746*** (0.000)	0.00190** (0.001)	0.00643*** (0.001)	-0.00736*** (0.000)	-0.0724*** (0.022)
Dogon (Peulh=0)	1.257*** (0.114)	0.789*** (0.208)	0.441*** (0.096)	-0.316*** (0.084)	1.390*** (0.138)	0.876*** (0.065)	0.0581 (0.063)	0.503 (0.401)
Taille du ménage		0.0129*** (0.001)						0.000808 (0.002)
Quintile de richesse (base = très pauvre)								
Pauvre		0.118*** (0.005)						0.0389* (0.021)
Intermédiaire		-0.00700 (0.007)						0.0917*** (0.020)
Riche		0.122*** (0.020)						0.0523** (0.022)
Très riche		-0.134*** (0.016)						0.0258 (0.035)
Urbain			-0.163*** (0.005)					-0.0568 (0.066)
sexe de l'enfant (Féminin)				0.0815*** (0.006)				0.0234 (0.015)
Utilisa contraception					0.124*** (0.016)			0.0171 (0.025)
Age femme						-0.00667*** (0.001)		0.000779 (0.001)
Education femme						0.0249*** (0.002)		0.000920 (0.004)
Nombre enfants décédés							0.251*** (0.005)	0.184*** (0.021)
Perte grossesse							0.000370 (0.004)	0.0204 (0.016)
Effets fixes années	N	N	N	N	N	N	N	O
Effets fixes régions	N	N	N	N	N	N	N	O
Observations	27765	27765	27765	21381	27765	4689	27753	3440
R-carré	-	-	-	-	-	-	-	-

Notes : La préférence de fécondité est le nombre idéal d'enfants qu'une femme doit avoir selon la réponse des femmes enquêtées. N : Non, O : Oui. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tableau 1.V : Effet du paludisme sur la fécondité selon l'ordre de naissance

	(Tous)	(RN 1)	(RN 2)	(RN 3)	(RN 4)	(RN 1-4)	(RN 5-16)
Variable dépendante: nombre d'enfants nés vivants par femme							
Dogon x Paludisme	-0.236*** (0.050)	-0.884 (3.858)	0.0978 (0.088)	-0.219 (0.254)	0.242 (0.464)	-0.288*** (0.074)	0.0936*** (0.033)
Paludisme	-0.303** (0.129)	-0.537 (1.692)	-0.647 (0.471)	-0.451 (0.865)	-0.168 (0.267)	-0.420 (0.317)	-0.0767 (0.054)
Dogon (Peulh=0)	10.40*** (2.083)	34.03 (147.932)	-3.428 (3.506)	9.671 (10.504)	-9.315 (18.287)	12.73*** (3.111)	-3.611*** (1.340)
Taille du ménage	0.0297*** (0.010)	-0.148 (0.678)	0.00218 (0.017)	0.0403 (0.032)	0.0150 (0.048)	0.0491*** (0.019)	0.0152* (0.008)
Quintile de richesse (base = très pauvre)							
Pauvre	0.359*** (0.134)	-0.231 (1.025)	-0.184 (0.268)	0.150 (0.418)	-0.349 (0.990)	0.580*** (0.194)	-0.0399 (0.069)
Intermédiaire	0.680*** (0.123)	0.940 (4.168)	-0.204 (0.295)	0.927 (0.640)	-0.547 (1.427)	0.672*** (0.188)	0.0953 (0.104)
Riche	0.325*** (0.125)	1.790 (8.287)	-0.117 (0.262)	0.292 (0.454)	-0.559 (1.381)	0.269 (0.224)	-0.148 (0.095)
Très riche	-0.138 (0.217)	0.743 (6.323)	-0.458 (0.447)	0.232 (0.756)	-1.759 (2.941)	0.131 (0.383)	-0.311** (0.149)
Urbain	0.999*** (0.345)	0.938 (5.252)	-0.578** (0.234)	1.139 (2.317)	-0.0934 (0.947)	1.254** (0.510)	-0.682*** (0.125)
sexe de l'enfant (Féminin)	-0.118 (0.086)	-1.087 (4.384)	-0.0706 (0.141)	0.0759 (0.262)	-0.420 (0.488)	-0.0323 (0.148)	-0.220*** (0.079)
Utilisa contraception	0.337** (0.142)	-0.702 (2.459)	-0.0116 (0.188)	0.220 (0.632)	-0.424 (1.033)	0.566*** (0.214)	-0.0407 (0.102)
Age femme	0.000438 (0.005)	0.000202 (0.038)	-0.00116 (0.010)	-0.0274 (0.037)	-0.000958 (0.015)	-0.00926 (0.008)	-0.00218 (0.003)
Education femme	0.0292 (0.026)	0.609 (2.597)	0.0876 (0.080)	-0.0110 (0.120)	-0.162 (0.262)	-0.0345 (0.059)	0.00641 (0.018)
Nombre enfants décédés	1.827*** (0.129)	0.356 (5.397)	2.097*** (0.395)	2.502** (1.202)	2.157* (1.280)	2.138*** (0.184)	1.687*** (0.094)
Perte grossesse	-0.0764 (0.103)	1.007 (4.004)	0.185* (0.109)	-0.00123 (0.437)	-0.0448 (0.528)	-0.0625 (0.171)	0.0282 (0.080)
Effets fixes années	O	O	O	O	O	O	O
Effets fixes régions	O	O	O	O	O	O	O
Observations	3440	790	547	1371	152	2070	580
R-carré	-	-	-	-	-	-	-

Note : Estimations de l'effet du paludisme sur la fécondité selon l'ordre de naissance par les DMCO. Tous est l'estimation du modèle complet présenté dans le tableau 1.II. RN : Rang de naissance, RN 1 - 4 : les 4 premières naissances, RN 5 - 16 : de la cinquième à la seizième naissance. O : Oui. * p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01

Tableau 1. VI : Effet du paludisme sur la fécondité chez les femmes ayant perdu au moins une grossesse (avortements, fausse couche, mort-né)

	(1)	(2)
	Variable dépendante: nombre d'enfants nés vivants par femme	
Dogon x Paludisme	-0.136 (0.123)	-0.142** (0.057)
Paludisme	-1.860** (0.804)	-0.792** (0.356)
Dogon (Peulh=0)	6.209 (5.167)	6.590*** (2.376)
Taille du ménage	0.0332** (0.015)	0.0221*** (0.009)
Quintile de richesse (base = très pauvre)		
Pauvre	-0.211 (0.296)	0.0759 (0.131)
Intermédiaire	0.388* (0.230)	0.530*** (0.112)
Riche	0.0535 (0.328)	0.314** (0.147)
Très riche	-1.562*** (0.418)	-0.214 (0.214)
Urbain	0.762 (0.897)	0.435 (0.422)
sexe de l'enfant (Féminin)	-0.228 (0.162)	-0.220*** (0.079)
Utilisa contraception	-0.439 (0.376)	0.0224 (0.162)
Age femme	0.00590 (0.010)	0.00603 (0.005)
Education femme	0.00933 (0.069)	-0.00174 (0.033)
Nombre enfants décédés		1.863*** (0.149)
Effets fixes années	O	O
Effets fixes régions	O	O
Observations	3393	3393
R-carré	-	-

Note : Les colonnes 1 et 2 contiennent les estimations DMCO chez les femmes ayant fait au moins un avortement, une fausse couche, et/ou un mort-né. Dans la colonne 2, en plus des variables de contrôle de la colonne 1, le modèle contrôle pour le nombre d'enfants décédés. L'estimation chez les femmes n'ayant pas connu de perte de grossesse n'a pas pu être faite à cause du faible nombre des observations.

Tableau 1. VII : Effet du paludisme sur la fécondité selon le décès d'enfants

	(1)	(2)
	Variable dépendante: nombre d'enfants nés vivants par femme	
Dogon x Paludisme	-0.369*** (0.110)	-0.374*** (0.114)
Paludisme	-0.659** (0.263)	-0.662** (0.266)
Dogon (Peulh=0)	15.88*** (4.587)	16.09*** (4.726)
Taille du ménage	0.0360** (0.017)	0.0361** (0.017)
Quintile de richesse (base = très pauvre)		
Pauvre	0.368 (0.247)	0.372 (0.252)
Intermédiaire	0.676*** (0.225)	0.679*** (0.228)
Riche	0.0677 (0.218)	0.0658 (0.220)
Très riche	-1.122*** (0.379)	-1.125*** (0.384)
Urbain	2.137*** (0.768)	2.175*** (0.793)
sexe de l'enfant (Féminin)	0.00317 (0.154)	0.00314 (0.155)
Utilisa contraception	0.355 (0.285)	0.362 (0.290)
Age femme	-0.00575 (0.009)	-0.00555 (0.009)
Education femme	0.0647 (0.045)	0.0662 (0.045)
Perte grossesse		-0.0463 (0.174)
Effets fixes années	0	0
Effets fixes régions	0	0
Observations	3439	3433
R-carré	-	-

Note : Le tableau contient les estimations de l'effet du paludisme sur la fécondité par DMCO chez les femmes ayant eu au moins un enfant décédé. Dans la colonne 1, le modèle ne contrôle pas pour la variable perte de grossesse (avortement, fausse couche ou mort-né) et dans la colonne 2 les estimations du modèle complet sont fournies. * p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01

Tableau 1. VIII : Effet du paludisme sur la fécondité selon le nombre d'enfants par femme et le nombre d'années d'éducation des femmes

	(1)	(2)	(3)	(4)
	GF 1- 3 enfts	GF 4 - 6 enfts	GF 5 ans Educ	GF 6 - 7 ans Educ
	Variable dépendante: nombre d'enfants nés vivants par femme			
Dogon x Paludisme	-0.234 (0.212)	-0.221*** (0.044)	-0.281*** (0.076)	0.341* (0.203)
Paludisme	-0.248 (0.218)	-0.0832 (0.139)	-0.390** (0.175)	-0.377 (0.352)
Dogon (Peulh=0)	9.348 (8.174)	9.441*** (1.884)	12.34*** (3.143)	-13.86 (8.413)
Taille du ménage	0.117 (0.104)	-0.00509 (0.010)	0.0328** (0.016)	0.0510 (0.035)
Quintile de richesse (base = très pauvre)				
Pauvre	-0.191 (0.387)	0.200* (0.114)	0.601*** (0.196)	0.439 (0.434)
Intermédiaire	-0.258 (0.613)	0.307*** (0.115)	0.805*** (0.188)	0.592 (0.509)
Riche	0.647 (0.613)	0.142 (0.126)	0.389** (0.182)	0.216 (0.389)
Très riche	-0.0625 (0.540)	0.169 (0.211)	0.0428 (0.317)	-1.010 (0.652)
Urbain	0.489 (0.808)	1.185*** (0.312)	1.374** (0.542)	-0.703** (0.343)
sexe de l'enfant (Féminin)	-0.568 (0.473)	0.0591 (0.079)	-0.0205 (0.130)	0.0632 (0.216)
Utilisa contraception	0.0861 (0.241)	0.334*** (0.108)	0.436** (0.210)	-0.333 (0.264)
Age femme	-0.0196 (0.020)	0.00214 (0.004)	-0.00453 (0.007)	-0.00724 (0.015)
Education femme	-0.0102 (0.062)	0.0247 (0.021)	-0.0750 (0.058)	0.152 (0.319)
Nombre enfants décédés	3.400** (1.692)	1.343*** (0.101)	2.151*** (0.196)	2.061*** (0.451)
Perte grossesse	0.0906 (0.269)	-0.118 (0.091)	-0.0751 (0.151)	-0.157 (0.245)
Effets fixes années	O	O	O	O
Effets fixes régions	O	O	O	O
Observations	563	2877	2583	493
R-carré	-	-	-	-

Note : Ce tableau contient, les estimations de l'effet du paludisme sur la fécondité selon des catégories de nombre moyen d'enfants par femme (maximum 6 enfants) et de nombre d'années d'éducation des femmes (maximum 7 années d'éducation. GF : groupe de femmes. Les colonnes 1 et 2 contiennent les estimations respectivement chez les groupes de femmes qui ont 1 à 4 enfants et 5 à 6 enfants. Les colonnes 3 et 4 contiennent les estimations respectivement chez les femmes qui ont 1 à 5 années et 6 à 7 années d'éducation. * p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01.

Tableau 1. IX : Estimations MCO de l'effet du paludisme sur la fécondité

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Variable dépendante: nombre d'enfants nés vivants par femme								
Dogon x Paludisme	0.953*** (0.076)	1.854*** (0.073)	1.522*** (0.079)	1.425*** (0.081)	1.254*** (0.084)	-0.369* (0.190)	-0.320*** (0.046)	0.412** (0.184)
Paludisme	0.0780* (0.040)	-0.315*** (0.040)	0.453*** (0.036)	0.0461 (0.043)	0.0792** (0.040)	1.036*** (0.161)	-0.814*** (0.028)	-1.371** (0.542)
Dogon (Peulh=0)	-0.657*** (0.032)	-1.000*** (0.032)	-0.900*** (0.033)	-0.867*** (0.034)	-0.753*** (0.034)	0.587*** (0.086)	0.178*** (0.020)	0.372*** (0.080)
Taille du ménage		0.0388*** (0.002)						0.0348*** (0.003)
Quintile de richesse (base = très pauvre)								
Pauvre		-0.0137 (0.014)						0.178*** (0.034)
Intermédiaire		-0.305*** (0.013)						0.336*** (0.027)
Riche		-0.364*** (0.019)						0.291*** (0.035)
Très riche		-1.583*** (0.017)						0.0343 (0.053)
Urbain			-1.115*** (0.012)					-0.558*** (0.033)
sexe de l'enfant (Féminin)				-0.0474*** (0.014)				-0.190*** (0.023)
Utilisa contraception					-0.244*** (0.019)			-0.235*** (0.024)
Age femme						-0.00785*** (0.002)		-0.00455*** (0.001)
Education femme						0.0564*** (0.007)		0.0270*** (0.007)
Nombre enfants décédés							1.739*** (0.007)	1.645*** (0.030)
Perte grossesse							-0.301*** (0.010)	0.0944*** (0.032)
Effets fixes années	N	N	N	N	N	N	N	O
Effets fixes régions	N	N	N	N	N	N	N	O
Observations	27766	27766	27766	21382	27766	4689	27754	3440
R-carré	0.030	0.223	0.253	0.038	0.037	0.076	0.674	0.784

Comme la variable paludisme est endogène, les méthodes DMCO ont été utilisées pour estimer l'effet du paludisme sur la fécondité. N : Non, O : Oui. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

**CHAPITRE 2 : PALUDISME, REVENU ET INVESTISSEMENT
SCOLAIRE : ETUDE CONTROLEE RANDOMISEE SUR
L'UTILISATION DES SOINS DU PALUDISME DANS UN VILLAGE
RURAL DU MALI, BRIGA.**

Introduction

L'effet du paludisme au niveau microéconomique est fortement documenté, même si les résultats restent mitigés (Worrall, Basu, and Hanson 2005). Un nombre important de chercheurs s'accordent sur l'effet négatif du paludisme sur l'économie (Konradsen et al., 1997, Onwujekwe et al. 2000, Audibert et al., 2003, Deressa et al., 2007, Morel et al., 2008, Dillon et al., 2014, Fink et Masiye 2015, Singh et al., 2019), alors qu'un nombre limité d'auteurs ne trouvent aucun effet du paludisme au niveau microéconomique (Audibert, 2009). A l'inverse, d'autres chercheurs montrent que ce sont plutôt les mauvaises conditions socioéconomiques qui sont associées à la morbidité du paludisme (Ghebreyesus et al., 2000, Castro et Fisher, 2012, Snyman et al., 2015). En effet, les ménages ayant des revenus faibles ont plus de difficultés à accéder aux soins de santé du paludisme, particulièrement dans les pays où le système de préfinancement est quasi-inexistant. Cela pourrait entraîner les ménages dans des trappes de pauvreté et de santé, un cercle vicieux de mauvais état de santé et de pauvreté. Ces divergences sont dues aux limites des approches utilisées dans la mesure des conditions économiques d'une part, et à la diversité de l'épidémiologie du paludisme entre les zones d'étude et à la mesure du paludisme d'autre part. Certains auteurs, utilisent l'approche du modèle de production ou de l'accumulation du capital humain pour analyser l'effet du paludisme au niveau microéconomique (Martine Audibert, Mathonnat, and Henry 2003; Dillon, Friedman, and Serneels 2014; Fink and Masiye 2015; Henry 2009; J. Thuilliez et al. 2017). D'autres évaluent les pertes économiques liées au paludisme (Guiguemde et al. 1994; Hong 2011; Konradsen et al. 1997; Onwujekwe, Chima, and Okonkwo 2000; Singh et al. 2019) ou combinent les approches de production et de dépense de soins de santé (Deressa, Hailemariam, and Ali 2007b; Morel et al. 2008). D'autres études s'intéressent au lien entre la variation du niveau du paludisme et le revenu au niveau microéconomique (Barofsky, Anekwe, and Chase 2015). Quelle que soit l'approche utilisée, le niveau et les canaux de transmission de l'effet du paludisme sur l'économie des ménages ne sont pas définitivement établis.

Lorsque l'on se place dans une situation où la production est fortement liée à des activités physiques tels que les travaux agricoles à court terme, l'effet du paludisme sur la productivité serait dû à la perte de temps de travail et ou à la faiblesse physique pendant la période de convalescence (Audibert et al. 2003; Dillon et al. 2014; Fink and Masiye 2015).

En plus des contraintes économiques dues aux soins de santé, le revenu des ménages est soumis à d'autres besoins de consommation, dont l'investissement dans l'éducation, la consommation, ou l'épargne. L'éducation, une des composantes principales du capital humain, fait face à d'énormes défis de performances scolaire en Afrique sub-saharienne, notamment à cause de l'insuffisance des ressources matérielles et humaines (Lee and Zuze 2011) et de problèmes de gouvernance (Paletta 2012). La performance du système éducatif permet de mettre en place un cadre adéquat dans la production scolaire, mais l'investissement des parents reste primordial dans la réussite scolaire (Oyserman, Brickman, and Rhodes 2007; Spera 2005). Parmi, les facteurs qui influencent la décision d'investissements des parents dans l'éducation des enfants, l'altruisme vis-à-vis de leurs progénitures (Schluter and Wahba 2010; Tabetando 2018), le niveau d'éducation des parents (P. Brown 2006; Farooq et al. 2011) et les revenus des parents (De and Doepke 2004; Gumus 2014; Kenayathulla 2013; Lin 2017) sont primordiaux, mais aussi l'état de santé des enfants en est un facteur déterminant (Angrist et al. 2007). L'éducation des parents peut également jouer un rôle important. Cependant, à court terme, toute chose égale par ailleurs, le niveau d'éducation des parents aurait très peu varié ces quinze dernières années au Sahel, surtout en zone rurale ; on s'attend alors à ce que l'effet du revenu sur l'investissement soit plus important.

De nouvelles politiques facilitant l'accès aux soins de prévention et du traitement, dont certaines sont d'efficacité bien meilleure que celles utilisées par le passé ont été mises en place. L'efficacité plus élevée des CTA dans le traitement ou de celle des médicaments de la CPS dans la prévention par rapport à celle de la chloroquine qui était utilisée aussi bien en prévention qu'en traitement, la gratuité de la prise en charge du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes dans bon nombre des pays endémiques sont de bons exemples illustrant les progrès. Cependant, les objectifs espérés dans la lutte contre le paludisme ne sont pas atteints. S'il existe encore des problèmes importants dans l'offre, qui limitent l'utilisation optimale des soins, les comportements inappropriés des personnes en constituent un véritable blocage. La faible utilisation ou l'utilisation inappropriée des soins du paludisme sont en fait, l'apanage d'une méconnaissance, d'un manque d'information ou de rappels, de croyances socioculturelles dans la représentation de la maladie, notamment son mode de transmission, sa sévérité, son traitement, la nature des soins, la manière dont ces soins sont fournis ainsi que leurs qualités (Martine Audibert 2004; Kwalar-toh et al. 2018; Taremwa et al. 2017). La levée de ces

blocages passe nécessairement par la conscientisation des personnes sur l'existence des soins, leur avantage, leur accessibilité et leur mode d'utilisation.

L'information constitue un facteur important dans le management des problèmes de fonctionnement du marché de soins de la santé (Kenneth L. Leonard, 2002 ; Gerald Bloom, 2008). Plusieurs expériences, utilisant différentes méthodes montrent que la diffusion de messages d'information améliore l'utilisation des mesures de soins contre le paludisme (Cohen and Saran 2018; Diiro et al. 2016).

L'objectif de notre étude est double, il s'agit d'estimer l'effet du paludisme sur (i) le revenu des ménages et ce à travers (ii) l'investissement dans l'éducation consécutivement à la livraison d'un ensemble de soins préventifs antipaludiques (CPS et moustiquaires) combinés à une incitation des mères à travers des messages d'information d'abord sur la disponibilité des soins, puis l'importance de leur utilisation surtout pendant la période de haute transmission du paludisme. La théorie qui sous-tend ces investigations est : i) dans la zone où cette étude a été réalisée, il y a un chevauchement entre la saison de haute transmission du paludisme, qui s'étend de juin à décembre avec un pic entre octobre et novembre et la rentrée scolaire qui a lieu le premier octobre de chaque année ; (ii) l'offre des stratégies de prévention du paludisme de routines (CPS, moustiquaires) qui ont des effets immédiats sur l'incidence du paludisme, combinée à des messages aux mères sur l'importance de ces stratégies, pourront entraîner une réduction des dépenses de santé et de pertes de productivité liées au paludisme à travers la diminution de l'incidence du paludisme, ce qui pourrait permettre aux ménages d'épargner de l'argent ; (iii) bien qu'à priori le choix dans l'utilisation de « l'épargne » faite soit imprévisible, on pourra s'attendre à ce que les parents investissent, au moins une partie, dans l'éducation de leurs enfants.

L'étude est organisée de la façon suivante. La section 1 présente la revue de la littérature, la section 2 décrit les matériels et méthodes utilisées, la section 3 décrit le cadre empirique. Dans la section 4 sont présentés les résultats. Ensuite la conclusion est faite et les limites de l'étude sont décrites dans la dernière section.

Notez que j'ai coordonné la totalité de cette étude sur le terrain. J'ai également effectué la partie de management des données et ai réalisé l'ensemble des analyses seul. Cette étude se situe dans

un deuxième temps de cette thèse et témoigne des progrès progressifs réalisés au cours des quatre années de thèse, après le chapitre 1 mais avant les chapitres 3 et 4, de façon chronologique.

2.1. Revue de la littérature

2.1.1. Paludisme et revenu

Le paludisme entraverait la croissance économique des pays endémiques. Sachs et Malaney (2002) dans leur papier montrent que dans les pays où la proportion de *P. falciparum* était élevée, avaient une croissance économique annuelle de 1,3% plus faible que celle des pays où la transmission était faible (Sachs and Malaney 2002), quant à McCarthy et al. (2000), ils montrent que le paludisme réduit la croissance annuelle du PIB par tête d'au moins de 0,25% (McCarthy, Wolf, and Wu 2000). Les facteurs qui en déterminent sont entre autres l'effet négatif du paludisme sur le commerce international, le tourisme, les investissements directs étrangers, mais aussi la faible mobilité du travail vers les zones impaludées (Malaney, Sielman, and Sachs 2004; Sachs and Malaney 2002). Ces études ont été contestées, mais globalement les études plus récentes convergent sur un effet négatif du paludisme sur l'économie à l'échelle macroéconomique. Au niveau microéconomique les résultats convergent également en général malgré quelques exceptions mais surtout les canaux à travers lesquels ces effets se transmettent ne sont pas bien connus. Guiguemde et al., (1994) ont réalisé une étude sur les dépenses faites par les ménages pour la prévention et le traitement du paludisme à Bobo-Dioulasso (Burkina-Faso), en demandant à chaque chef de famille les dépenses de traitement du paludisme qu'il a eu à faire pour les membres de sa famille durant les 6 mois de la transmission du paludisme, nécessitant ainsi un fort rappel de mémoire. Il ressort de leur étude qu'en moyenne une famille dépensait 75 dollars durant les 6 mois de transmission pour le traitement du paludisme, soit 5% du revenu de la famille, ce qui n'est pas négligeable surtout pour les familles pauvres. N'ayant pas inclut l'effet du paludisme sur la productivité, ce coût ne refléterait pas le poids réel du paludisme sur l'économie des familles, mais simplement des dépenses directes. Dans la même problématique du poids économique du paludisme sur les ménages, Konradsen et al. (1997) au Sri Lanka, ont évalué le coût du paludisme, en ne considérant que les dépenses de traitement

d'épisodes cliniques. Il ressort de leur étude, que le traitement d'un épisode du paludisme coûtait en moyenne 3 dollars, mais peu de familles dépensaient plus de 10% du revenu annuel net du ménage par épisode. Dans cette région du monde, *P. vivax* est l'espèce la plus prévalente dont la durée du traitement est plus longue (14 jours) que *P. falciparum* (3 jours en cas du paludisme simple, 7 jours en cas du paludisme grave), mais dont la sévérité est moindre. Quant à Onwujekwe et al. (2000), ils ont analysé la part des dépenses du traitement du paludisme dans la dépense de consommation du ménage hors dépense de nourriture au Nigéria ; ils montrent que 3,5 à 8,9% des dépenses faites par les ménages pauvres étaient dues au paludisme. Audibert et al. (2003), dans une étude menée en Côte d'Ivoire, montrent que les ménages producteurs de coton, dont les membres actifs étaient en proportion plus infectés par le paludisme, étaient moins efficaces que les ménages dont les membres actifs étaient peu ou pas infectés. Deressa et al. (2007) se sont intéressés au coût économique du paludisme pour les ménages vivant dans une zone où la transmission est épidémique en Ethiopie, en incluant un grand nombre d'indicateurs de coûts, y compris les dépenses de traitement, de prévention, de transport, le temps perdu dans les activités normales pendant les 14 jours précédant le recueil des données. Ils ont trouvé que les ménages dépensaient en moyenne 5,8 dollars dans le traitement du paludisme. Morel et al. (2008) au Viêt Nam ont considéré les coûts direct (dépenses de prévention, du traitement et transport) et indirect (perte du temps de travail) dans leur évaluation du poids économique du paludisme sur les ménages dans un contexte de gratuité des antipaludiques. Le traitement du paludisme coûtait en moyenne 11,79 dollars, le coût indirect représentait 94% du coût total. Ce coût moyen représentait environ 1% du revenu total du ménage y compris les valeurs monétaires des actifs possédés par les ménages, ce qui était substantiel pour les ménages les plus pauvres ou ceux qui connaissaient plusieurs épisodes du paludisme. Par contre, Audibert (2009) dans une autre étude en Côte d'Ivoire montre que le paludisme n'avait pas d'effet sur la productivité des travailleurs dans les champs du cacao et de café. Hong (2011) aux Etats unis montre que les personnes ayant migré dans des zones à risque élevé du paludisme avaient connu une faible augmentation de richesse par rapport à celles qui avaient migré dans des zones à risque faible de transmission (Hong 2011). Marcia Caldas de Castro et Monica G Fisher (2012) dans leur étude en Tanzanie montrent que les enfants testés positifs au paludisme à *P.falciparum* vivaient dans des ménages dont le niveau de richesse était de 1,9 unités inférieur à celui des autres ménages. Dillon et al. (2014) ont étudié l'effet d'un programme de traitement du paludisme sur les gains

des travailleurs dans les champs de canne à sucre au Nigéria ; ils montrent que le gain des travailleurs ayant bénéficié du programme avait augmenté d'environ 10%. Ils attribuent ce gain à l'augmentation du temps de travail. Fink et Masiye (2015), ont trouvé que comparativement aux ménages chez lesquels les moustiquaires ont été vendues sous forme de crédit, ceux qui ont bénéficié gratuitement des moustiquaires avaient obtenu une production agricole supérieure de 14,7%. Bien que les auteurs n'aient pas pu élucider clairement le mécanisme, ils incriminent l'amélioration de l'état de santé dans la meilleure performance des ménages ayant bénéficié du programme. (Beogo et al. 2016) ont évalué le coût pour le traitement des personnes malades du paludisme entre le secteur public, privé et compte tenu de la possession de l'assurance maladie mais aussi de la sévérité de la maladie. Ils trouvèrent que le coût médian du traitement du paludisme non compliqué était plus élevé dans les structures privées que publiques à savoir 15,2 dollars contre 8,4 dollars. Le coût du traitement du paludisme sévère était plus élevé que le paludisme non compliqué. Les personnes ayant souscrit à l'assurance maladie avaient également dépensé plus que les non assurés. Singh et al. (2019) dans leur étude utilisant la méthode du capital humain évalue le coût économique du paludisme en comparant deux zones à niveau transmission différente (faible et forte) en Inde. Ils montrent que le coût du paludisme était plus élevé dans la zone de forte transmission que dans la zone de faible transmission et que les ménages les plus riches dépensaient plus dans le traitement du paludisme, bien que le poids du paludisme était plus élevé sur les ménages pauvres. Barofsky et al. (2015) montrent que les campagnes d'éradication du paludisme en Ouganda entre 1959 et 1960 avait augmenté la scolarisation de 50% ainsi que le salaire des hommes (Barofsky, Anekwe, and Chase 2015).

Cependant, il convient de noter que dans les pays en développement et notamment dans les zones rurales, il est difficile de déterminer les niveaux de vie des ménages. En effet, le revenu ou les investissements qu'ils font dans le capital humain des enfants sont difficiles à mesurer. En général, dans les pays riches, les données économiques sont recueillies en se basant sur les déclarations des personnes. Dans les pays en développement, la majorité de la population vit d'activités informelles, et les personnes n'archivent pas systématiquement les dépenses de consommation qu'elles font, encore moins celles investies dans le capital humain (éducation, santé). Cela empêche de capter le montant des ressources réellement utilisées dans l'éducation ou les soins de santé, rendant ainsi difficile le calcul de leur part réelle dans le revenu du ménage. Il est habituel en économie d'utiliser les biens actifs comme proxy du revenu des ménages

(Laxminarayan 2004). Cependant, bien que les actifs reflètent le niveau de vie des ménages, certains varient très peu sur le court terme. Les dépenses de consommation sont donc utilisées en complément pour déterminer le niveau de vie des ménages. Dans des zones où les ménages consomment principalement leurs propres productions, on ne pourrait déterminer le niveau de vie à partir des seules dépenses de consommation. Pour ces raisons et à cause de la courte durée de notre étude (4 mois, juillet à décembre 2016), dans le calcul du revenu des ménages, nous n'avons considéré que la valeur monétaire des actifs qui varient sur le court terme, tels que la volaille, les denrées alimentaires qui sont généralement vendues pour les dépenses du ménage (arachides, sésame, haricot...).

2.1.2. Revenu et éducation

L'investissement parental dans l'éducation des enfants englobe les dépenses financières effectuées pour le paiement de la scolarité et de l'offre des ressources nécessaires à l'éducation, y compris les matériels scolaires, le transport, les nourritures et d'autres facilités, mais aussi le temps utilisé par les parents pour aider l'enfant dans l'apprentissage (Avvisati, Francesco, Besbas Bruno Guyon 2010; Weiss et al. 2009).

Dans cette étude, nous nous focalisons sur les dépenses d'éducation car, elles représentent une part important dans les revenus des ménages au Mali et à cause de la faible probabilité, d'implication directe des parents dans l'apprentissage des enfants dans notre village d'étude. Les études sont en général convergentes, sur l'effet positif du niveau élevé du revenu sur les dépenses d'éducation. Lin et al. (2017), montrent que le revenu de la famille a un effet positif et significatif sur les résultats scolaires (Lin 2017) Song et al. (2019), montrent que les inégalités d'opportunités ont des effets négatifs sur les dépenses d'éducation, et les effets étaient plus larges pour les ménages défavorisés en termes de revenu, éducation des chefs de ménages ou résidence dans une zone rurale (Song and Zhou 2019). Kenayathulla et al. (2013), analysent l'investissement des ménages dans les cours privés de soutiens en Malaisie. Ils ont trouvé que, les dépenses totales du ménage, qui est fonction du revenu et la propriété immobilière faisaient partie des déterminants importants des dépenses dans les cours de soutiens (Kenayathulla 2013). Gumus (2014) a évalué les facteurs qui déterminent la scolarisation en utilisant les données d'enquêtes démographiques et de santé de Turquie de

2008, il montre plutôt, que la participation scolaire des enfants issus des ménages pauvres était 0,59 plus élevée que celle des enfants des ménages riches (Gumus 2014).

2.1.3. Information, accessibilité et utilisation des soins de prévention du paludisme

La moustiquaire imprégnée d'insecticide à longue durée d'action est l'un des moyens clés de prévention, elle protège des épisodes cliniques jusqu'à 80% et réduit la prévalence de 17%, si elle est utilisée correctement. Depuis l'engagement des pays à fournir une couverture universelle en moustiquaires, la possession et l'utilisation auraient augmenté, mais le niveau du paludisme n'a pas diminué proportionnellement. Par exemple, selon les enquêtes démographiques et de santé au Mali où nous avons réalisé cette étude, le taux d'utilisation des moustiquaires parmi les enfants de moins de 5 ans était passé de 26% en 2006 à 69% en 2012, ce qui aurait dû entraîner une diminution des épisodes cliniques du paludisme d'au moins de 34% dans ce groupe d'âge. Or, le nombre d'épisodes cliniques du paludisme, parmi les enfants de moins de 5 ans est passé de 332 495 en 2006 à 225 924 en 2012, soit une diminution de 32% (EDS, 2012-2013). Une diminution plus importante aurait dû être observée car, en plus des moustiquaires, des stratégies efficaces et de nouvelles politiques facilitant l'accès au traitement contre le paludisme ont été instaurées. Notamment, la monothérapie devenue peu efficace a été remplacée en 2007 par des combinaisons thérapeutiques à base d'artémisinine qui procurent une efficacité de plus de 95% et la gratuité du traitement du paludisme pour les enfants de moins de 5 ans, a commencé en 2011 (Kayentao et al. 2018). La CPS, une stratégie gratuite chez les enfants de 3 à 59 mois, qui protège des épisodes cliniques du paludisme à 75%, a commencé en 2012, même si elle ne couvrait qu'une partie du Mali (MSF 2013b). La gratuité du traitement combinée à l'utilisation des moustiquaires et la CPS auraient dû entraîner une couverture totale de prévention et une réduction de l'incidence du paludisme vers un niveau quasiment nul si ces mesures avaient été appliquées convenablement.

En supposant que la barrière de l'accessibilité à ces mesures de prévention est effectivement levée, les raisons de leur utilisation inadéquate seraient entre autres, l'ignorance de leur existence ou de leur importance dans la prévention du paludisme d'une part et l'aversion aux risques qui pousse les personnes à ne pas les utiliser correctement d'autre part, liée à des questions

d'incohérence temporelle. Ceci entre dans le cadre du phénomène connu en économie d'asymétrie d'information et d'aléa moral. Pour faire face à cette asymétrie d'information, nous avons procédé à la conscientisation des mères sur les conséquences du paludisme et sur l'existence des moyens de prévention, leur accessibilité et leur mode d'utilisation à l'aide d'une intervention randomisée.

2.2. Données et méthodes

2.2.1. Site de l'étude

Le village de Briga est situé au Nord-est du Mali, dans le cercle de Koro, région de Mopti (Figure 1). Il est à environ 20 km de Koro, chef-lieu du district sanitaire et à 5 Km de Pel, qui abrite le Centre de Santé Communautaire (CSCoM) dont relève Briga (Figure 1).

Le climat est du type sahélien, marqué par deux saisons : une saison pluvieuse qui s'étend de juin à août avec un maximum de précipitations en juillet-août. Les pluies sont irrégulières et insuffisantes. La pluviométrie est de 300 – 600mm/ an. Une saison sèche qui se subdivise en saison froide (décembre à février) et chaude (mars à mai),

Le village est peu boisé. La végétation est celle de transition entre la zone sahélienne et la zone soudanienne. Les forêts sont de type savane arbustive et forêt claire arborescente.

S'il n'y a pas eu d'étude épidémiologique du paludisme à Briga, des études ont été réalisées dans les localités environnantes, notamment à Pongonon, site d'étude du MRTC, situé à une vingtaine de kilomètres de Briga. Dans ce village, la transmission du paludisme est saisonnière et courte avec un pic pendant la saison des pluies (données non publiées).

La population de ce village se subdivise en deux quartiers distincts, Briga-Peulh et Briga-Dogon, distants l'un de l'autre d'environ 200 mètres. Briga-Peulh est habité majoritairement par l'ethnie peulh avec une population de 1238 habitants répartis dans 120 ménages en 2015. Il existe d'autres groupes ethniques qui ont établi des liens historiques avec les peulhs. Les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes étaient respectivement au nombre de 272 et 62. Briga-Dogon est habité majoritairement par l'ethnie dogon, mais d'autres groupes ethniques tels que

les mossis et les bambaras y résidaient également. En 2015, le nombre de ménages de ce quartier s'élevait à 218, pour une population de 2186 habitants dont 481 enfants de moins de 5 ans et 109 femmes enceintes.

L'agriculture et l'élevage sont les deux principales activités pratiquées par l'ensemble des groupes des ménages. Des activités de petit commerce et de métiers artisanaux y sont également pratiquées l'ensemble des ménages.

Dans chacun des quartiers, il y avait une école primaire et un château d'eau. Il existait un centre de santé secondaire avec un seul aide-soignant qui assure les soins primaires dédiés à ce niveau du système de santé. Il y avait des relais communautaires dans les deux quartiers qui sont chargés de faire la promotion de santé au niveau de la communauté, participer aux campagnes de vaccination, distribution des moustiquaires, traitements de masse tels que la CPS ou l'administration des médicaments contre les maladies tropicales négligées (géohelminthiases, schistosomiases, onchocercose, trachome...). En 2015, deux campagnes de CPS ont été effectuées en novembre et décembre avec des taux de couverture dépassant 100% (Informations obtenues auprès du directeur technique du CSCom de Pel).

2.2.2. Population, période et déroulement de l'étude

2.2.2.1. Population de l'étude

L'étude consistait à évaluer l'impact de relaxation des contraintes économiques qui serait due à l'amélioration de l'état de santé des enfants de moins de 5 ans sur le revenu des ménages et l'investissement scolaire. Pour cela, les données (i) socioéconomiques des ménages et (ii) médicales chez les enfants ont été recueillies.

L'enquête socioéconomique a concerné le chef de ménage (ou son répondant) et son épouse. Au Mali, surtout en milieu rural, les descendants masculins se regroupent selon leur appartenance à une même lignée paternelle jusqu'à au moins une génération pour fonder une entité démographique appelée famille. Le plus haut situé dans la hiérarchie généalogique assure la chefferie de la famille. C'est ainsi qu'on peut trouver dans une même famille le grand père, ses

enfants et ses petits-enfants. Par soucis de préserver l'intégrité de la cellule familiale nous avons considéré cette entité comme ménage.

Les soins préventifs ont été fournis aux enfants de moins 5 ans (CPS, moustiquaires) et aux femmes enceintes (moustiquaires) qui sont les plus affectés par le paludisme. Cependant les examens médicaux (examens cliniques, dépistage des parasites du paludisme, dosage du taux d'hémoglobine) n'ont concerné que les enfants de moins de 5 ans. Les messages d'information pour inciter l'utilisation des soins préventifs ont été faits aux femmes des ménages qui avaient été sélectionnés pour appartenir à ce groupe (Groupes de traitement).

2.2.2.2. Type et période de l'étude

Nous avons suivi le calendrier du programme national de distribution des médicaments de la CPS au Mali pour déterminer les périodes d'enquête. Rappelons que la CPS consiste en l'administration mensuelle de Sulfadoxine-pyriméthamine + Amodiaquine aux enfants de 3 à 59 mois pendant la période de haute transmission du paludisme. Au Mali, les campagnes de CPS durent 3 à 4 mois et se déroulent entre juillet et décembre. En 2016, le gouvernement prévoyait de commencer la CPS le 22 juillet. Nous avons commencé la première enquête le 16 juillet, c'est-à-dire avant le démarrage de la CPS ; la deuxième enquête le 24 novembre, juste après la dernière campagne de CPS qui s'est terminée le 3 novembre. Notons que les deux périodes d'enquête se distinguent par des niveaux différents de transmission palustre, en juillet, la transmission palustre est faible alors qu'elle est forte en novembre décembre.

2.2.3. Mise en place de l'étude et déroulement de l'enquête

Une mission a été effectuée du 28 juin au 1er juillet 2016 pour la prospection du site de l'étude. Au cours de cette mission, nous avons rencontré les responsables de santé de la zone d'étude (le médecin chef du district sanitaire, le directeur technique du CSCom de Pel, le responsable du dispensaire de Briga) et la communauté villageoise (responsables coutumiers du village dont les chefs de villages et leurs conseillers ainsi que tous les chefs de ménages) pour présenter et expliquer le protocole et obtenir la permission d'explorer la faisabilité de l'étude dans la localité.

Ensuite, les enquêteurs, tous du MRTC - composés de quatre médecins, un infirmier et un interne en médecine - ont été formés sur les différentes procédures de l'enquête. En plus de la formation théorique, qui a consisté à présenter le protocole, un pré-test du questionnaire a été fait. Après la formation, la phase de recueils des données a commencé. Le premier passage de recueils des données a été réalisé du 16 au 31 juillet et le deuxième du 24 novembre au 8 décembre 2016. Pour rattraper les enfants qui n'ont pas pu être revus lors du deuxième passage nous avons effectué une mission du 25 janvier au 2 février 2017. J'ai supervisé l'ensemble de ces phases.

2.2.4. Considérations éthiques

Pour mener cette étude, un protocole a été établi. Le protocole situe le cadre, met en exergue le processus de réalisation de l'étude notamment, l'échantillonnage, la constitution des groupes de comparaison, les méthodes de recueil des données et les méthodes d'analyses économétriques. Comme l'étude prévoyait de recueillir des données socioéconomiques auprès des chefs de ménages et des femmes, faire des examens médicaux aux enfants de moins de 5 ans (examens cliniques et dépistage du paludisme) et informer les mères sur les soins préventifs du paludisme, il nous fallait respecter les réglementations internationales en vigueur de la recherche sur les êtres humains. C'est ainsi que, le protocole a été soumis à l'évaluation du comité d'éthique IRB de la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie qui a donné son approbation suivant le numéro 2016/88/CE/FMPOS le 12 juillet 2016. En plus, comme l'exigent les principes éthiques en recherche humaine, le consentement éclairé de participation libre a été demandée auprès des chefs et aux femmes de ménages concernés par l'étude.

2.2.5. Groupes de traitement et de contrôle

La première étape a consisté en l'identification et au recensement des membres du ménage. Une première base de sondage a été constituée. Les ménages dans lesquels, il n'y avait pas d'enfants de moins de 5 ans ont été retirés de cette première base afin d'obtenir une base de sondage finale. Un numéro individuel a alors été attribué à chaque ménage, ensuite à chaque enfant de moins de 5 ans. A partir de cette base finale, quatre groupes (G0 à G3) ont été constitués par la méthode

d'assignation aléatoire simple en utilisant le logiciel Stata (Stata Statistical Software : Release 14. College Station, TX : StataCorp LP).

- (i) **G0 (CPS)** : Situation standard ou chimioprévention du paludisme saisonnier (CPS).

La CPS consiste à administrer, durant la saison des pluies qui correspond à la période de haute transmission du paludisme, quatre doses une fois par mois, de Sulfadoxine-pyriméthamine (SP) + Amodiaquine (AQ) aux enfants de 3 à 59 mois. Les médicaments sont administrés pendant trois jours consécutifs comme suit en fonction de l'âge :

- entre 3 et 12 mois : un demi comprimé d'AQ (153 mg) par jour pendant trois jours et un demi comprimé de SP (500 mg/25 mg) en prise unique le premier jour ;
- entre 12 et 59 mois : un comprimé d'AQ (153 mg) par jour pendant trois jours et un comprimé entier de SP (500 mg/25 mg) en prise unique le premier jour.

La dose du premier jour est administrée sous observation directe par des agents recrutés pour la circonstance. Les doses du deuxième jour et du troisième jour sont administrées par les parents à la maison. Au Mali, les campagnes de CPS sont organisées par le PNLP en collaboration avec les structures de santé et les partenaires nationaux et internationaux. En 2016, il y a eu quatre campagnes de CPS à Briga, la première du 23 au 24 juillet, la deuxième du 22 au 28 août, la troisième du 20 au 24 septembre et la quatrième du 28 octobre au 3 novembre. Tous les enfants de la tranche d'âge cible sont censés recevoir les médicaments de la CPS.

Les données médicales nécessaires à notre étude (dépistage du paludisme et examens cliniques) ont été recueillies avant la première campagne de CPS. Les données économiques ont été recueillies au moment de la première campagne. Le deuxième passage de recueil des données a été effectué entre novembre et décembre, après la dernière campagne de CPS. A chaque passage, il a été demandé aux parents si l'enfant a reçu les médicaments de CPS, lors de la dernière campagne.

- (ii) **G1 (M)** : Le groupe Moustiquaire Imprégnée d’Insecticide à Longue durée d’Action (**MILD**).

Des moustiquaires imprégnées d’insecticide de la marque PermaNet® ont été données pour les enfants de 3-59 mois et femmes enceintes vivant dans les ménages appartenant à ce groupe. Comme indiqué dans la politique nationale, une moustiquaire pour deux enfants et une par femme enceinte ont été données. Pour les nombres impairs d’enfants une moustiquaire supplémentaire a été ajoutée. Par exemple, si dans un ménage il y avait 3 enfants, 2 moustiquaires ont été données. Normalement, toute la population des femmes enceintes du village Briga en 2016 seraient en possession de moustiquaires, car les moustiquaires sont données aux femmes enceintes lors de consultations prénatales de routine. Les MILD ont une durée d’efficacité jusqu’à 5 ans et demeurent efficaces après 20 lavages (Katusele et al. 2014; Odhiambo et al. 2013). Par conséquent, ces femmes seraient protégées du paludisme si elles utilisent les moustiquaires.

(iii) **G2 : Information sur le paludisme**

En collaboration avec l’agent de santé qui s’occupe des programmes de vaccination au CSCom de Pel nous avons élaboré les messages. L’information a été donnée par l’équipe de recherche. Elle portait sur :

- a. La connaissance générale du paludisme. Il s’agissait d’expliquer le mode de transmission, les moyens de protection contre les piqûres de moustiques, les groupes les plus affectés par le paludisme et ses conséquences qui, sont entre autres les manifestations de la maladie, le retard du développement cognitif, l’avortement ou le décès ;
- b. L’utilité de la MILD contre les piqûres de moustiques qui transmettent le paludisme ;
- c. L’existence de la CPS et sa gratuité pour les enfants de moins de 5 ans, son effet protecteur, la période des campagnes de distribution, le mode d’administration en insistant sur l’importance de l’administration des doses du deuxième et troisième jour à la maison ainsi que les éventuels effets secondaires ;

- d. Mettre aux enfants des vêtements qui couvrent les mains, les pieds et des chapeaux de tête pour mieux se protéger contre les piqûres de moustiques ;
- e. Les avantages des consultations prénatales de façon générale, mais surtout pour la prévention du paludisme et de ses conséquences chez la femme enceinte à travers l'administration du traitement préventif intermittent chez la femme enceinte avec la SP (TPI-g) ;
- f. L'assainissement de la cour de la concession pour éliminer des flaques d'eau, des ordures et l'élimination des herbes propices au développement des moustiques ;
- g. Consulter rapidement dans un centre de santé en cas de suspicion du paludisme chez un enfant ou la femme enceinte.

Des batteries d'information ont été passées sous forme de « causerie-débat » dans les langues locales, Dogon à Briga-Dogon et Fulfulde à Briga-Peulh. A Briga-Dogon, l'agent de santé venu du CSCom de Pel a servi d'interprète et à Briga-Peulh, c'est le relais communautaire qui a servi d'interprète. La « causerie-débat » s'est déroulée comme suit :

- i. Un groupe de 15 à 20 femmes a été constitué ;
- ii. Un test de connaissance sur les différents points décrits précédemment a été appliqué ;
- iii. Ensuite des éclaircissements ont été apportés par l'équipe chargée de passer l'information.

iv. G 3 : MILD + Info

Le groupe de traitement complet en plus de la situation standard est composé des moustiquaires et de l'information. Après chaque séance d'information pour un groupe donné de femmes, les moustiquaires ont été données aux enfants et aux femmes enceintes.

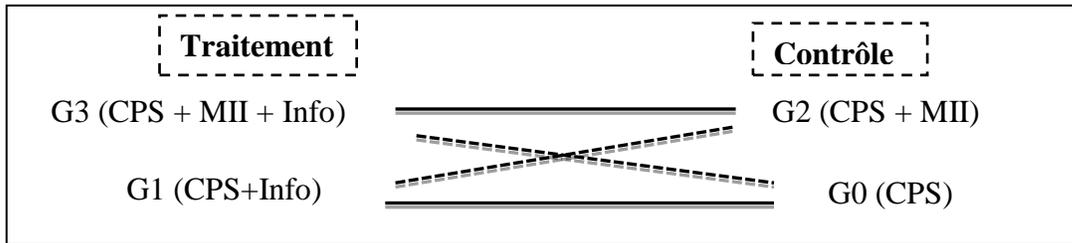
Nous faisons des comparaisons croisées entre les différents groupes (schéma 1). En comparant le G3 (traitement principale) vs. G0 (contrôle principal), nous prétendons estimer l'effet combiné de l'information et des moustiquaires. Les comparaisons G3 (traitement) vs. G1 (contrôle), G3 (traitement) vs. G2 (contrôle), G2 (traitement) vs. G0 (contrôle), G1 (traitement) vs. G0

(contrôle) et G1 (traitement) vs. G2 (contrôle) permettent d'estimer l'effet isolé de l'information seule, de la moustiquaire seule ou de l'effet comparée des deux.

Tableau 2. I : Synthèse de messages d'informations passés par cible

PALUDISME				
	Messages	< 5 ans	FE	Ménage
a-Information générale sur le paludisme	-Mode de transmission : piqûre des moustiques -Protection contre les moustiques -Conséquences : maladie, retard de développement, décès, avortement -Enfants de moins de 5 ans et les FE plus affectés	X	X	
b-MILD	Permet d'éviter les piqûres de moustiques qui transmettent le paludisme	X	X	
c-CPS	-Prévient le paludisme maladie chez les enfants < 5 ans -Donnée gratuitement par mois pendant la saison de pluie -Administrées les doses du jour 2 et jour 3 à la maison	X		
d-Vêtements couvrant les extrémités	-Faire porter les enfants des vêtements couvrant les mains, pieds, et un chapeau pour éviter les piqûres de moustiques	X	X	
e-Consultations prénatales (TPI-g)	-Faire les CPN pour recevoir gratuitement le TPI-g à la SP		X	
f-Assainissement cour	-Eliminer les ordures, les flaques d'eaux -Désherbage			X
g-Consultation rapide	-Consulter rapidement dans un centre de santé en cas de suspicion du paludisme chez l'enfant ou la femme enceinte	X	X	

Note : FE : Femme enceinte, MILD : Moustiquaire Imprégnée d'Insecticide à Longue Durée, SP : Sulfadoxine-pyriméthamine, TPI-g : Traitement préventif intermittent chez la femme enceinte. X indique que la cible (FE, Enfants < 5 ans et ménage) est concernée par le message ou les ménages d'information.



Schema 2. 1 : Groupes de traitement et de contrôle aléatoires

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{G3} > E_{G2} > E_{G0} \\ E_{G3} > E_{G1} > E_{G0} \\ E_{G1} \text{ vs. } E_{G2} ? \\ E_{G3} + E_{G1} > E_{G0} + E_{G2} \\ E_{G3} + E_{G2} > E_{G0} + E_{G1} \\ E_{G3} + E_{G1} + E_{G2} > E_{G0} \end{array} \right\}$$

Scenario 2. 1 : hypothèses théoriques de comparaison entre les groupes aléatoires

2.2.6. Recueils des données

2.2.6.1. Données socio-économiques

L'enquête ménage a consisté à recueillir des informations afin de déterminer les conditions de vie des ménages en se référant aux méthodes classiques d'enquête ménage en économie ainsi que les dépenses d'éducation et de santé. En économie, il est classique d'utiliser le revenu, la consommation ou l'indice de richesse pour évaluer les conditions de vie des ménages selon l'accessibilité aux informations propres à l'une ou l'autre de ces trois méthodes. S'il paraît plus facile d'accéder aux données de revenu dans les pays développés où une large proportion de la population travaille dans le secteur formel, il est particulièrement difficile d'obtenir ces informations dans les pays en développement surtout en zones rurales où la plupart des activités sont informelles et non rémunérées. Inversement, les informations sur la consommation sont plus faciles à être recueillies dans les pays en développement même si les collectes des données sont

coûteuses et souvent fastidieuses. L'indice de richesse, une mesure indirecte, est de plus en plus utilisée pour évaluer les conditions de vie des ménages en utilisant les actifs et biens possédés par ces ménages.

Pour le revenu, nous avons plutôt utilisé les valeurs monétaires des biens qui sont susceptibles de fluctuer sur le court terme et d'être utilisées dans les dépenses de consommation du ménage y compris les dépenses de santé et d'éducation (pour plus détails voir la description des variables ci-dessous).

L'enquête ménage a concerné le chef du ménage et son ou ses épouses. En plus des chefs de ménages et leurs épouses, d'autres adultes du ménage ont été enquêtés afin d'avoir un maximum d'informations sur les caractéristiques des ménages. Par exemple, le chef du ménage n'est pas souvent au courant des dépenses d'éducation ou de santé pour ses petits enfants qui sont généralement faites par leurs pères ou leurs mères.

Le recueil des données était structuré comme suit :

a. Composition du ménage

Cette phase consistait à identifier les membres du ménage selon leur relation avec le chef du ménage, leur sexe, âge, niveau d'éducation, nombre d'années d'étude, statut de l'emploi ainsi que leurs activités principales et secondaires.

b. Conditions de vie des ménages

- Matériels des concessions, terre cultivable, production agricole, maraichage, bétails

Dans la localité, les concessions sont presque toutes similaires les unes aux autres, les murs sont en banco et le toit en bois couvert de terre. Les terres cultivables sont en général un héritage familial et ne sont pas vendues. Ces terres sont principalement utilisées pour la culture du mil, du sorgho, du haricot, de l'arachide, du pois de terre, de l'oseille, du fonio et le maraichage. En plus de l'agriculture les terres sont utilisées pour l'élevage du bétail. Une grande partie des productions agricoles sont destinées à la consommation directe du ménage ou vendues pour faire face à d'autres dépenses telles que, l'achat des condiments, des vêtements, les dépenses de santé ou d'éducation etc.

Des informations sur les matériels que composent les différentes parties des concessions, notamment le toit, le sol et les murs ont été recueillies. La possession des terres cultivables, leurs surfaces, pour quels types d'usage elles sont faites ont été demandés. Ensuite pour chaque type de produits agricoles, nous avons demandé la quantité produite en kilogramme ou nombre de charrettes (unité traditionnelle de mesure) l'année précédente. Concernant le maraîchage qui est peu pratiqué dans la localité, nous avons recueilli des informations sur les types de produits cultivés, leurs quantités ou les valeurs monétaires s'ils avaient été vendus en partie ou en totalité.

Pour le bétail, il fallait distinguer les animaux utilisés dans les travaux domestiques et champêtres tels que l'âne, les bœufs de labour et les chameaux à ceux d'élevage productif. Les animaux du premier groupe sont élevés pour les besoins des activités et ne sont pas vendus en général pour les dépenses du ménage. Au contraire, ceux de l'élevage productif qui regroupent les bovidés, les caprins, les ovins et la volaille sont soit vendus pour faire face aux dépenses du ménage soit consommés. Pour chaque type d'animal leur nombre a été enregistré.

- Biens matériels durables

Dans cette rubrique sont inclus le capital (charrette, âne, charrue, bœuf de labour, dromadaire, tracteur...), les moyens de transport (bicyclette, moto, tricycle, voiture...) et de communication-information (téléphone, poste radio, téléviseur, montre, internet ...). Pour chaque item, le nombre a été enregistré.

- Revenu direct et épargne

Le flux d'argent dans le ménage et leurs sources ont fait l'objet de cette enquête. Pour ce faire, nous avons dans un premier temps, recensé les membres du ménage qui sont susceptibles d'avoir de l'argent à travers des activités génératrices de revenu ou de don ; ces membres qu'ils vivent dans le ménage ou ailleurs pourvu que leurs revenus soient utilisés en partie ou en totalité dans les besoins du ménage. Ensuite, nous avons demandé le montant que chacun a gagné. Compte tenu de la difficulté du rappel de mémoire, nous avons commencé par enregistrer l'argent gagné la semaine dernière, puis celui du mois dernier et finalement de l'année passée. Finalement, nous avons calculé la somme totale d'argent gagnée dans le ménage.

L'épargne, une composante de la fonction de consommation du ménage, est un indicateur économique qui permet d'apprécier la capacité du ménage à faire face à un choc de santé par exemple. En effet, les ménages ayant un niveau d'épargne élevé auront plus de capacité à accéder aux soins de santé en cas d'épidémie par exemple, cela est d'autant plus vrai que l'accès à la santé se fait par paiement direct. L'enquête consistait à demander au répondant s'il avait une épargne en cas de problèmes de santé, sinon quelles étaient leurs possibilités d'obtenir de l'argent.

a. Dépenses de consommation

Les dépenses du ménage ont été classifiées en dépenses :

- **De consommation générale** qui inclue la nourriture (céréale, condiments, viande, sucre, huile, lait...), l'eau, excitants (thé, café, tabac, cola...), la communication (recharge téléphoniques ou appel payant chez un particulier, recharge de la batterie du téléphone), le voyage (frais de transport, carburant, entretien et achat de moto...), bétails-volaille (nourriture, vaccination, traitement), habillement-soins personnels (vêtements, chaussures, colliers, savon, cosmétiques...), l'éclairage (torche, batterie, panneau solaire...), concession (nouvelle construction, réhabilitation, aménagement...), social (mariage, accouchement, baptême, funérailles...) et agriculture (charrue, engrais, insecticide...). Pour chaque bien la quantité ou la valeur monétaire ainsi que l'unité de consommation ont été reportées. Les biens n'étant pas consommés au même rythme, les informations ont été reportées selon la régularité de la consommation de chaque type de biens. Par exemple ; pour le mil qui constitue l'alimentation de base dans la localité, il était possible de savoir la quantité journalière consommée par le ménage. L'unité de mesure était un bol standard connu localement qui est utilisé pour la vente des produits agricoles. Pendant la période de l'enquête, le prix d'un bol de mil était de 100 F CFA à l'achat (0,15 €, 1 € = 655,957). Certains biens tels que la viande, les vêtements les engrais ne sont achetés qu'occasionnellement. Finalement nous avons calculé la dépense totale de consommation générale (DTCG) de la semaine dernière, du mois dernier et de l'année dernière pour chaque catégorie de biens consommés. La DCTG annuelle a été calculée en additionnant la DCTG annuelle de chaque bien. La DCTG du mois dernier est la somme des DCTG du mois dernier de chaque bien.

- **De santé.** Seules les dépenses pour le traitement du paludisme ont été recueillies. Au Mali la demande de soins de santé reste faible surtout en zone rurale, par exemple le taux national était de 40% en 2012; et plus de la moitié de cette demande est due au paludisme. Rappelons que, ce sont surtout les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes qui sont les plus affectés par le paludisme. En outre, les recueils des données ont été faits en début et fin de l'hivernage, périodes pendant lesquelles le paludisme est la principale maladie qui ébranle la santé des populations. Pour ces raisons, nous nous sommes limités à recueillir les données de dépenses de santé qui seraient dues au paludisme. Cependant, nous nous devons de préciser qu'il est parfois difficile pour les parents de distinguer le paludisme d'autres maladies, telles que les infections respiratoires qui ont une symptomatologie similaire. Pour ce faire, nous avons dans un premier temps, enregistré le nombre de cas de paludisme survenus dans le ménage par catégorie d'âge (< 5 ans, 5 – 15 ans et > 15 ans) mais aussi, parmi les femmes enceinte, pendant la semaine, le mois et les trois mois qui ont précédé l'enquête. Ensuite pour chaque personne ayant contracté le paludisme et ayant eu recours à un soin de santé, toute dépense ou l'équivalent monétaire si le paiement a été fait en nature, liée à une thérapie traditionnelle, automédication ou consultation moderne a été relevée. Cette dépense incluait les frais de consultations, médicaments, hospitalisation, nourriture et/ou de transport. Le temps perdu, exprimé en journée, subi par une personne en âge de travailler à cause du paludisme, soit parce qu'il était malade, soit parce qu'il s'occupait d'un membre de son ménage qui l'était, a également été relevé. L'équivalent monétaire du temps perdu a été calculé en multipliant le nombre de jours perdus par le montant du paiement journalier de la main d'œuvre d'un adulte engagé dans une activité agricole, qui, selon les informations recueillies auprès des villageois était de 1000 F CFA (1,5 €).

- **Des dépenses d'éducation.** Ces mesures ont concerné tous les élèves et étudiants du ménage y compris ceux qui étaient ailleurs mais membres du ménage et dont leur dépense d'éducation est faite sur le revenu du ménage. Pour ce faire, après avoir enregistré le nombre d'élèves et d'étudiants, des informations sur les dépenses groupées et individuelles selon les cas ont été recueillies. Les dépenses ont inclus celles faites sur les fournitures, les tenues scolaires ou universitaire, le transport et les frais scolaires. Lors de la première enquête en juillet 2016, ce sont les données de 2015 qui ont été collectées alors que, pour la deuxième enquête qui a eu lieu en décembre 2016, nous avons collecté les données d'octobre à

décembre 2016. Il était important de savoir ce qui se passe pendant cette fenêtre en termes de dépenses d'éducation, car c'est la période où le pic du paludisme et la rentrée scolaire se juxtaposent. Cela pourrait permettre de mieux estimer l'effet de fluctuation du revenu des ménages sur les dépenses d'éducation compte tenu de la variation de la prévalence du paludisme entre deux périodes chez deux groupes affectés différemment par le paludisme.

2.2.6.2. Données d'utilisation des moyens de prévention

a. Moustiquaires : lors de cette étude, nous avons d'abord enregistré le nombre de personnes ayant dormi sous une moustiquaire la nuit qui a précédé l'enquête, ensuite selon la classe d'âge (< 5 ans, 5 – 15 ans, 15 ans et plus) et parmi les femmes enceintes.

b. CPS : Comme décrit plus haut, la **CPS** est une nouvelle stratégie de prévention du paludisme chez les enfants de 3 à 59 mois recommandée en 2012 par l'OMS pour les pays où la transmission est saisonnière. Elle consiste à l'administration de l'association SP-QA par mois durant la période. Au Mali, la campagne de CPS est organisée et mise en œuvre par le gouvernement à travers le système de santé. Il a été demandé au chef du ménage si les enfants des ménages ont reçu les médicaments de la CPS lors du recueil des données du ménage et à la mère pour chaque enfant lors des examens médicaux.

2.2.6.3. Données médicales

Après l'enquête socio-économique, les enfants de 3 à 59 mois ont été invités au centre de santé ou à l'école respectivement à Briga-Dogon et Briga-Peulh pour les examens cliniques et les prélèvements biologiques. La collecte des données a été faite à l'aide d'un questionnaire individuel. Elle était organisée en 3 étapes :

i. Poste d'identification

A ce poste il y avait les guides locaux et un investigateur. Suivant le numéro du ménage auquel il appartient, il a été attribué un numéro unique à chaque enfant. Une fois identifié, l'enfant est envoyé au poste d'examen cliniques avec un bout de papier portant son identifiant.

ii. Poste d'examens cliniques où étaient réalisés :

- Une pesée avec une balance électronique pour mesurer le poids corporel ;
- Une mensuration de la taille en position debout avec un mètre ruban ;
- Une prise de la température axillaire avec un thermomètre électronique ;
- Interrogatoire à la recherche des antécédents médicaux ou chirurgicaux et des symptômes actuels ;
- Des examens physiques qui comportaient l'examen des téguments, des muqueuses, la palpation à la recherche de splénomégalie et de l'hépatomégalie ; les auscultations cardio-respiratoires et d'autres examens physiques selon l'appréciation du clinicien.
- Après les examens médicaux les participants sont envoyés au poste de prélèvements biologiques.

iii. Prélèvements de sang, examens biologiques et paludisme clinique

Les prélèvements effectués étaient utilisés :

- Pour confectionner la goutte épaisse pour la détermination de la densité parasitaire du *Plasmodium sp.* et le frottis mince pour le diagnostic de l'espèce du *Plasmodium* ;
- Le dosage du taux d'hémoglobine en utilisant l'appareil Hemocue®. A partir du taux d'hémoglobine a été déterminée l'anémie ;
- Des tests de diagnostic rapide de marque (TDR SD Bioline®) ont été réalisés pour le diagnostic du paludisme chez les enfants qui avaient des symptômes. Les enfants diagnostiqués malades du paludisme ont traités conformément à la politique nationale par l'Artheméter-Luméfantrine.
- Pour les autres maladies détectées, des soins médicaux ont été prodigués gratuitement selon les possibilités techniques et matérielles de l'équipe de recherche. Les cas qui dépassaient les compétences de l'équipe de recherche ont été référés aux structures de santé compétentes.

Le paludisme clinique a été défini par une goutte épaisse positive associé à au moins des symptômes suivants : une fièvre (température axillaire corrigée supérieure ou égale à 37,5 °C), antécédent de fièvre pendant les 24heures précédant l'enquête, vomissement, diarrhée ou douleur abdominale.

2.3. Cadre empirique

2.3.1. Variables dépendantes

L'objectif de cette recherche était d'évaluer l'effet du paludisme sur le revenu des ménages et l'investissement que les ménages faisaient dans l'éducation de leurs enfants.

- Le **revenu** est la valeur monétaire des biens du ménage qui sont susceptibles d'être utilisés dans les dépenses de consommation du ménage à court terme. Notre enquête ayant été réalisée sur une durée de 4 mois (entre juillet et décembre), il nous paraît plus justifier de ne considérer que les biens qui sont sensibles au choc de santé à court terme que d'intégrer l'ensemble des biens du ménage. D'après les informations recueillies auprès des personnes enquêtées, c'est la volaille (poulets, pintades, pigeons) qui est souvent utilisée pour les petites dépenses urgentes telles que, les dépenses de santé ou d'éducation.

- **Investissement scolaire** : la dépense d'éducation est l'ensemble des dépenses effectuées dans les besoins de l'éducation d'un enfant incluant les frais d'inscription, de fournitures scolaires, de tenue, du transport et d'autres besoins. L'idée derrière cette hypothèse est la suivante (i) la rentrée scolaire coïncide avec la période de forte transmission du paludisme, (ii) les dépenses potentielles engendrées par le traitement du paludisme auraient un effet sur la part du revenu réservée à l'éducation. En levant les contraintes financières liées au paludisme, il pourrait y avoir un revenu supplémentaire qui pourra être investi dans l'éducation.

Dans le but de comprendre les canaux de transmission de l'effet du paludisme sur les variables dépendantes décrites précédemment nous faisons des analyses séquentielles par niveau. L'un des canaux, non les moindres serait la réduction des dépenses de santé et éventuellement de la perte de productivité liées au paludisme. En effet, si le paludisme entraînait des dépenses significatives aux ménages, son effet sur le revenu sera négatif. Un changement du niveau du paludisme entraînera un changement dans les dépenses du paludisme et par le biais une variation du niveau de revenu du ménage, mais plus dans le groupe de traitement que le groupe de contrôle. Ce changement du niveau du paludisme est dû à deux effets majeurs, les interventions que nous avons faites (CPS, MILD et Information) et les conditions climatiques favorables à la prolifération des anophèles vecteurs du paludisme. Les interventions n'ont concerné que les groupes de traités, alors que l'effet du climat a concerné tous les groupes. Le niveau du

paludisme a augmenté de la première à la deuxième enquête qui est une situation épidémiologique naturelle au Mali, mais il est attendu que cette augmentation soit moins importante dans le groupe traité que dans le groupe de contrôle. Si cela est vérifié, alors le traitement aurait eu un effet. Autrement dit, le groupe traité a utilisé les moyens de prévention du paludisme (MILD, CPS etc.) plus que le groupe de contrôle. Nous pouvons vérifier tout cela, en analysant l'effet des traitements sur l'utilisation des moustiquaires, le paludisme et les dépenses dues au paludisme.

2.3.2. Variables indépendantes

Dans une analyse d'impact il est recommandé de contrôler pour les caractéristiques qui sont statistiquement différentes entre le groupe de traitement et le groupe de contrôle en situation de base.

Les principales variables indépendantes qui sont contrôlées dans le modèle économétrique décrit ci-dessous, sont la taille du ménage, le nombre d'années d'éducation des chefs de ménages et des femmes des ménages interviewés. La taille du ménage, le niveau d'éducation des parents, les dépenses du ménage et l'investissement dans l'éducation des membres du ménage sont inter-corrélés et influent sur le revenu.

2.3.3. Modèle économétrique

Dans cette étude nous utilisons les méthodes de différence - en - différence pour analyser l'effet du paludisme sur le revenu et l'investissement scolaire.

L'expérimentation aléatoire a consisté à créer 4 groupes aléatoirement, i) le groupe de la chimioprévention du paludisme saisonnier, que nous considérons comme la situation standard, les autres groupes en plus de la CPS ont reçu ii) l'Information ; iii) les MILD et iv) MILD+Information est le traitement complet.

2.3.3.1. Intention de traiter (ITT)

2.3.3.1.1. Effet sur le revenu

Nous utilisons l'équation (1) pour estimer l'effet du paludisme sur le revenu du ménage.

$$R_{it} = \alpha_0 + \varphi_1[Post_t \times Traitement_i] + \varphi_2 Post_t + \varphi_3 Traitement_i + \gamma X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Où R est le revenu du ménage i au temps t , $Traitement$ est l'assignation au bras de traitement si $i = 1$ le ménage est dans le groupe de traitement et $i = 0$ si le ménage est dans le groupe de contrôle. $Post$ est la période de traitement $t = 1$ correspond à période après traitement (décembre) et $t = 0$ correspond à la période avant traitement (juillet). φ_1 est le coefficient d'intérêt. X est l'ensemble des covariables qui incluent le niveau d'éducation des parents et la taille du ménage, ε est l'effet spécifique du terme d'erreur individuel.

2.3.3.1.2. Effet sur l'investissement scolaire

L'effet du paludisme sur l'investissement des parents dans l'éducation est estimé par l'équation (2).

$$I_{it} = \alpha_0 + \theta_1[Post_t \times Traitement_i] + \theta_2 Post_t + \theta_3 Traitement_i + \rho X_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

Où I est le montant dépensé dans les besoins scolaires dans un ménage i au temps t . $Traitement$ est l'assignation au bras de traitement si $i = 1$ le ménage est dans le groupe de traitement et $i = 0$ si le ménage est dans le groupe de contrôle. $Post$ est la période de traitement $t = 1$ correspond à période après traitement et $t = 0$ correspond à la période avant traitement. θ_1 est le coefficient d'intérêt. X est l'ensemble des covariables qui sont le niveau d'éducation des parents et la taille des ménages, μ est l'effet spécifique du terme d'erreur individuel.

2.3.3.2. Traitement moyen local du traitement (LATE)

L'approche du LATE est une stratégie de variable instrumentale qui consiste à examiner l'effet chez ceux qui suivent de facto l'intervention. Elle consiste à utiliser un instrument qui satisfait trois conditions : (i) l'instrument est conjointement indépendant des résultats et de la participation au traitement, (ii) la condition de monotonie qui assure que l'assignation au traitement affecte la participation au traitement de manière monotone. Autrement dit, si en moyenne les gens sont plus susceptibles de participer quand la valeur de l'instrument $Z = w$ que quand $Z = z$, alors quiconque qui voudrait participer si $Z = z$ doit participer aussi si $Z = w$, (iii) la corrélation entre la participation au traitement et la fonction d'assignation au traitement est différente de zéro.

Nous estimons l'équation (3) du LATE par les méthodes de doubles moindres carrées en estimant l'équation de premier ordre (Equation 3).

$$K_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 Z_{it} + \theta X_i + \beta_3 Post_t + \beta_4 Traitement_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Où $K_{i,t}$ est le revenu ou les dépenses d'éducation, Z_{it} est une variable catégorielle qui est égale à 1 si une femme du ménage a réellement participé à la séance d'information (causerie débat), et zéro si non. La variable est instrumentée par la variable assignation aléatoire aux groupes de traitement ou de contrôle.

2.4. Résultats

2.4.1. Analyse descriptive

En tout, 187 ménages ont été assignés aléatoirement aux 4 groupes dont 47, 47, 47 et 46 respectivement dans MILD-Information, MILD, Information et Standard (Schéma 2.2). Parmi ceux-ci, 44, 47, 45 et 40 ont été respectivement enquêtés en juillet, soit des taux de ménages non-enquêtés respectifs de 6,4%, 0%, 4,3% et 13,0%. En dehors du groupe MILD dans lequel tous les ménages sélectionnés ont participé à l'enquête, les taux de ménages non-enquêtés étaient similaires entre les 3 autres groupes ($p > 0,05$). En décembre, 45, 44, 46 et 41 ménages ont été respectivement ré-enquêtés. Dans chacun des groupes MILD-Information, Information et

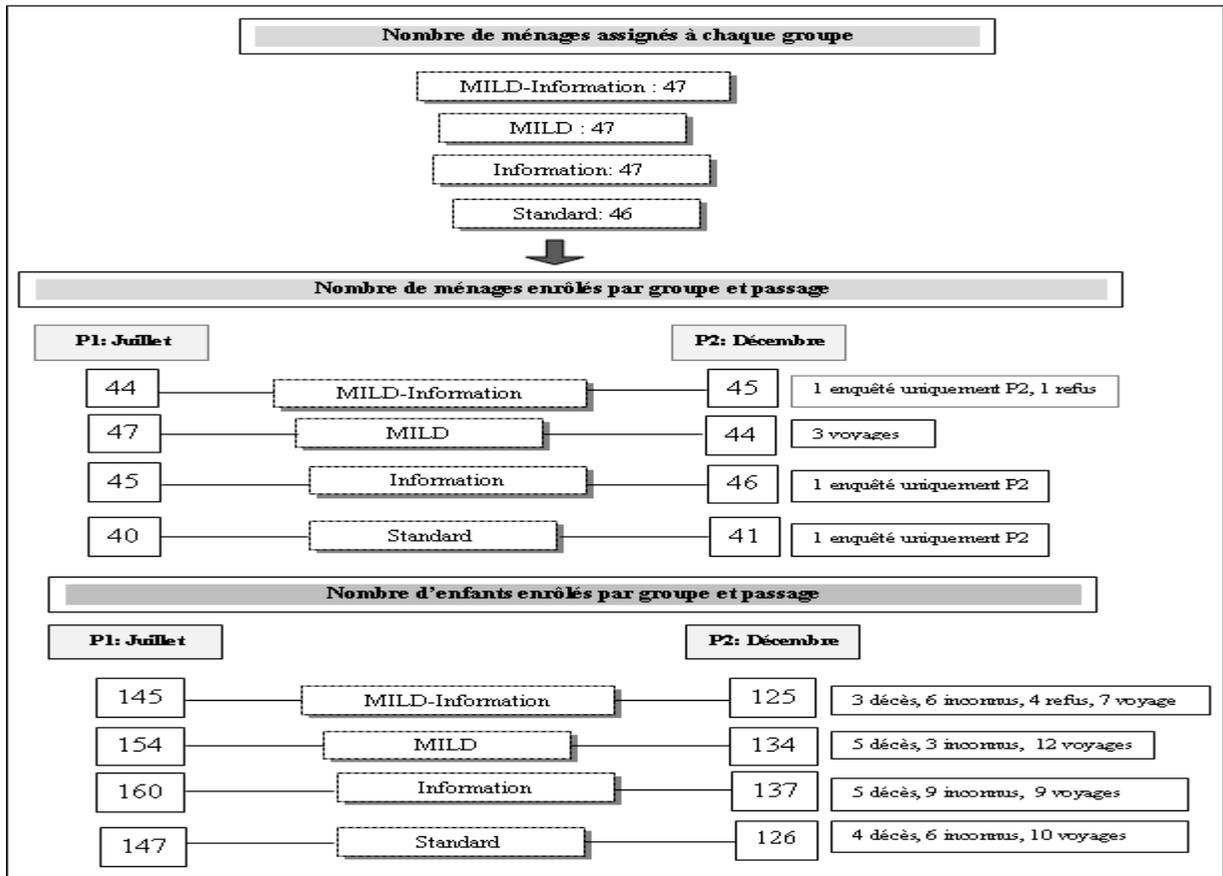
Standard respectivement un ménage, qui n'était pas disponible en juillet a pu être enquêté en décembre. A part dans le groupe MILD où 3 ménages qui n'étaient pas disponibles pour des raisons de voyage en décembre, tous les ménages des autres groupes ont pu être ré-enquêtés.

Concernant l'enquête médicale, en juillet le nombre d'enfants de moins de 5 ans enrôlés étaient 145, 154, 160 et 147 respectivement dans les groupes MILD-Information, MILD, Information et Standard. En décembre respectivement 125, 134, 137 et 126 enfants ont pu être retrouvés avec des taux d'attrition respectifs de 13,8%, 13,0%, 14,4% et 14,3%, sans différence statistiquement significative entre les groupes ($p > 0,05$). Le voyage était la principale raison de perdu de vu. Cependant, il y a eu des cas de décès dont les causes n'ont pas été élucidées, car ces décès étaient survenus entre les deux périodes de l'enquête et il était difficile d'y retourner. Les 4 groupes étaient statistiquement comparables en termes de proportions de décès dans la cohorte d'enfants ($p > 0,05$).

La possession de moustiquaires en juillet et décembre était respectivement 95% et 92,2% pour le groupe situation Standard, 97,7% et 100% pour groupe MILD-Information, 97,9% et 100% pour le groupe MILD et 95,6% et 97,8% pour le groupe Information.

Le but de ces analyses descriptives était tout d'abord d'évaluer la situation de base en comparant les caractéristiques entre les groupes de contrôle et de traitement à la période avant traitement, en faisant une simple différence des moyennes. Cela permet de tester la validité du groupe de contrôle comme bon contrefactuel pour le groupe de traitement. Ensuite, les deux groupes sont comparés à la période après-traitement, afin de voir les potentiels changements survenus.

Rappelons que, le premier passage de collecte des données a été effectué dans le mois de juillet pendant lequel, la transmission du paludisme était faible et les interventions n'étaient pas réalisées, constituant ainsi notre période avant traitement. Le second passage a été effectué en décembre, où la transmission était forte et les interventions avaient été réalisées, que nous avons retenu comme la période après traitement. Le groupe Standard est le groupe de contrôle aux trois autres groupes MILD-Information, MILD et Information qui constituent des groupes de traitement individuels.



Schema 2. 2 : Données assignation aléatoire aux groupes de traitement ou de contrôle et situation des individus au cours du suivi

Le groupe de traitement complet est MILD-Information. Ainsi, les groupes MILD et Information constituent également de groupes de contrôle au groupe de traitement complet. En tout, nous avons 6 couples de groupes traitement vs. contrôle : MILD-Information vs. MILD, MILD-Information vs. Information, MILD-Information vs. Standard, MILD vs. Information ; MILD vs. Standard et Information vs. Standard.

Dans les tableaux 2. I A et 2. I B sont fournis les résultats de comparaisons des caractéristiques sélectives entre les groupes en juillet (période transmission faible du paludisme) et en décembre (période de forte transmission du paludisme). Les caractéristiques présentées dans ces tableaux sont le taux d'utilisation des moustiquaires par les enfants de moins de 5 ans, le revenu (valeurs monétaires de la volaille, bétail, agricole), les dépenses (santé, éducation, bétails, nourriture), la taille du ménage (le nombre de personne) et le niveau d'éducation des parents.

- **MILD-Information vs. MILD**

Nous comparons le groupe moustiquaires et messages d'informations sur le paludisme à l'octroi des moustiquaires seules. En juillet, pendant la saison de faible transmission, la proportion des enfants de moins de 5 ans ayant le paludisme clinique était similaire entre les deux groupes 11,0% dans le groupe MILD et 9,3% dans le groupe MILD-Information, $p = 0,887$. En décembre où la transmission du paludisme est élevée, la proportion du paludisme clinique était plus élevée dans le groupe MILD (21,7%) que dans le groupe MILD-Information (12,3%) avec une différence (0,094) statistiquement significative, $p = 0,048$. La même tendance avait été observée concernant la proportion des enfants infectés par *P. falciparum* ainsi que la densité parasitaire (parasitémie), mais en décembre, la différence entre les deux groupes n'était significative qu'au seuil de 10%. Les symptômes étaient similaires entre les groupes, sauf en juillet où la proportion des enfants ayant la diarrhée était plus élevée dans le groupe MILD-Information (21,3%) que dans le groupe MILD (12,3%), $p = 0,04$. Quant à l'utilisation des moustiquaires, le taux était similaire entre les deux groupes en juillet 82,6% vs. 72,1% ; $p = 0,240$ et en décembre 78,6% vs 82,9%. Cependant, en valeur absolue le taux d'utilisation des moustiquaires avait diminué de 4,0% dans le groupe MILD, alors qu'elle avait augmenté de 10,8% dans le groupe MILD-Information.

En ce qui concerne le revenu des ménages (valeur monétaire de la volaille), en juillet les groupes étaient similaires 3111,70 F CFA (4,7 €) vs. 3267,05 (5,0 €), alors qu'en décembre le revenu des ménages du groupe MILD-Information était plus élevé que celui des ménages du groupe MILD respectivement 6208,33 F CFA (9,5 €) et (3096,59 ; 4,7 €) avec un écart de 3087,13 F CFA (4,7 €), $p = 0,003$.

Concernant l'investissement dans l'éducation, les ménages des groupes avaient dépensé similairement pendant les deux périodes. En juillet les ménages du groupe MILD avaient dépensé 3042,55 F CFA (4,6 €) et ceux du groupe MILD-Information 943,18 F CFA (1,4 €), $p = 0,223$. En décembre les ménages du groupe MILD avaient moins dépensé (630,68 F CFA ; 0,96 €) par rapport à juillet, alors que ceux du groupe MILD-Information avaient plus dépensé 1582,44 F CFA (2,4 €).

Lorsque l'on regarde la dépense de santé (due au paludisme) les deux groupes étaient similaires aux deux périodes. Cependant, en décembre, en valeur absolue la dépense de santé du groupe avait diminué (1238,07 F CFA ; 1,9 €), celle du groupe MILD-Information avait augmenté (6283,0 F CFA, 9,6 €) avec un écart de 5044,93 F CFA (7,7 €), ce qui n'est pas négligeable.

A part les dépenses faites pour l'alimentation et les soins du bétail qui étaient plus élevées parmi les ménages du groupe MILD (2 655, 32 F CFA, 4,05 €) que celles des ménages du groupe MILD-Information (647,73 F CFA, 0,99 €), $p = 0,016$ en juillet, les autres caractéristiques (taille du ménage, dépenses agricoles, dépenses d'alimentation) étaient similaires entre les deux groupes aussi bien en juillet qu'en décembre.

- **MILD-Information vs. Information**

Nous comparons l'octroi de moustiquaire associé aux messages d'informations sur les soins du paludisme au groupe ayant reçu uniquement les messages d'information. Le groupe de traitement est MILD-Information et l'Information est le groupe de contrôle. A travers cette comparaison, l'effet estimé dépendra de la nature de la relation fonctionnelle entre la variable de traitement et la variable des résultats (paludisme clinique, utilisation moustiquaire, revenu etc.) Si la relation entre les variables est linéaire la différence des moyennes entre le traitement MILD-Information et le contrôle (Information) sera l'effet direct de la MILD. Par contre, si la relation fonctionnelle est autre que linéaire, la seule différence entre le MILD-Information et Information ne peut être interprétée comme celui de l'effet de MILD.

Comparant les deux groupes, en juillet la proportion des cas de paludisme clinique parmi les enfants de moins de 5 ans était similaire entre le groupe Information 1,3% et le groupe MILD-Information 1,5% ; $p = 0,398$. En décembre, les enfants du groupe Information étaient plus affectés par le paludisme clinique que ceux du groupe MILD-Information 21,7% vs. 12,3%, avec une différence de 0,094 ; $p = 0,048$. La proportion d'infection à *P. falciparum* sans tenir compte de la symptomatologie était similaire entre les deux groupes en juillet, alors qu'en décembre les enfants du groupe Information étaient légèrement plus infectés que ceux du groupe MILD-Information 65,3% vs. 58,4%, $p = 0,069$.

Le niveau d'utilisation des moustiquaires, en juillet était plus élevé dans le groupe Information que le groupe MILD-Information respectivement 90,9% et 72,1% ; $p = 0,03$. En décembre où la

transmission du paludisme était forte, la proportion des enfants ayant dormi sous des moustiquaires était similaire entre les deux groupes, même si elle a diminuée de 15,9% (75,0%) dans le groupe Information et augmenté de 10,8% dans le groupe MILD-Information (82,9%). Ces résultats sont surprenants, on devrait s'attendre à ce que le niveau d'utilisation des moustiquaires soit plus élevé pendant la période où la transmission est élevée à cause de la forte nuisance de moustiques. Ceci, pourrait être dû au biais de désirabilité des répondants vis-à-vis des enquêteurs.

Le revenu (valeur monétaire de la volaille) était similaire entre les ménages du groupe Information (3166,67 F CFA ; 4,8 €) et ceux du groupe MILD-Information (3267,05 F CFA ; 4,9 €) en juillet, $p = 0,904$. Bien qu'en décembre, il n'y avait pas différence statistiquement significative, le revenu a augmenté dans les deux groupes, mais un peu plus dans le groupe MILD-Information 6208,33 F CFA (9,5 €) que le groupe Information 4592,39 F CFA (7,0 €) avec une différence de -1615,94 F CFA (2,5€) ; $p = 0,152$.

Les dépenses faites dans la santé (due paludisme) et l'éducation étaient similaires entre les ménages du groupe Information et MILD-Information aux deux périodes. La dépense de santé effectuées par les ménages du groupe MILD avait diminué entre les deux périodes qui est passée de 1195,56 FCFA (1,8 €) en juillet à 615,22 F CFA (0,94 €) en décembre, soit une diminution de 580,4 F CFA (0,88 €) ; celle du groupe MILD-Information est passée de 943,18 (1,4 €) à 4491,75 F CFA (6,8 €), soit une augmentation de 3548,57 F CFA (5,4 €). En moyenne, les ménages des deux groupes dépensaient similairement dans l'éducation durant les deux périodes, même si en valeur absolue nous avons noté une augmentation un peu plus dans le groupe du ménage MILD-Information en décembre.

A part le revenu des bétails qui était légèrement plus élevé dans le groupe Information que dans le groupe MILD-Information avec respectivement 391500,0 F CFA (596,8 €) et 197528,409 (301,1 €), $p = 0,092$, les autres caractéristiques (taille du ménage, revenu agricole, dépenses agricole, d'alimentation et bétail) des ménages étaient similaires entre les deux groupes.

- **MILD-Information vs. Standard**

Rappelons que la situation Standard correspond à la campagne de chimioprévention du paludisme saisonnier dont tous les enfants de 3 à 59 mois des 4 groupes étaient concernés.

Comparer les ménages du groupe MILD-Information à ceux du groupe Standard permet d'estimer l'effet combiné de l'octroi des moustiquaires et des messages d'information sur le paludisme.

En juillet, les deux groupes étaient similaires en termes de proportion des cas du paludisme clinique parmi les enfants de moins de 5 ans, 0,8% dans les ménages du groupe Standard et 1,5% dans ceux du groupe MILD-Information ; $p = 0,123$. En décembre, la proportion du paludisme clinique a augmenté dans les deux groupes mais légèrement moins importante dans le groupe MILD-Information (12,3%) que le groupe Standard (20,7%) soit une augmentation respective de 10,8% et 19,9%, $p = 0,079$. La proportion des enfants infectés par *P. falciparum* en juillet était les mêmes dans les deux groupes de 9,4% ; en décembre 58,5% des enfants du groupe Standard étaient infectés et 58,4% dans le groupe MILD-Information soit une différence de -0,1% seulement ; $p = 0,986$.

La proportion d'utilisation des moustiquaires en juillet était légèrement plus élevée parmi les enfants du groupe Standard (88,0 %) que parmi ceux du groupe MILD-Information (72,0%), $p = 0,08$. En décembre, le taux est passé à 71,0% dans le groupe Standard soit une diminution de 17,0% et à 83,0% dans le groupe MILD-Information soit augmenté de 11,0% ; $p = 0,195$. Le taux d'utilisation a augmenté de 28,0% dans le groupe MILD-Information.

En juillet, le revenu (valeur monétaire de la volaille) des ménages était 3437,50 F CFA (5,2 €) pour le groupe Standard et 3267,05 F CFA (5,0 €) pour le groupe MILD-Information ; $p = 0,88$. En décembre, le revenu des ménages du groupe Standard avait augmenté de 769,82 F CFA (1,2 €) et celui du groupe MILD-Information de 2941,29 F CFA (4,5 €) ; a différence (-2001,02 F CFA ; -3,1€) entre les deux groupes n'était pas statistiquement significative, $p = 0,1$.

La dépense de santé due au paludisme était similaire entre les deux groupes en juillet, 832,19 F CFA (1,3 €) dans le groupe Standard et 979,59 F CFA (1,5 €) dans le groupe MILD-Information, $p = 0,70$. En décembre, les dépenses ont augmenté respectivement de 2156,84 F CFA (3,3 €) et 4759,30 FCFA (7,3 €), mais elles restaient similaires entre les deux groupes, $p = 0,746$.

Les dépenses des soins du paludisme, bien que similaires entre les entre les deux groupes en juillet, étaient légèrement plus élevées parmi les ménages du groupe Standard en décembre, $p = 0,93$. Les autres caractéristiques des ménages (taille des ménages, niveau d'éducation des chefs

de ménages et des femmes) étaient similaires entre les deux groupes, aussi bien en juillet qu'en décembre.

- **MILD vs. Information**

La proportion du paludisme clinique était similaire entre les deux groupes en juillet 1,3% vs. 2,1%, $p = 0,593$. En décembre, cette proportion a légèrement plus augmenté dans le groupe Information (21,17%) que dans le groupe MILD (12,8%) avec une différence de 8,4%, $p = 0,056$. Les mêmes tendances ont été observées pour la proportion des enfants positifs à *P. falciparum*, il y avait 11,0% d'enfants positifs dans le groupe Information et 9,2% dans le groupe MILD en juillet, $p = 0,593$. En décembre, la proportion était plus élevée dans le groupe Information (65,4%) que dans le groupe MILD (56,2%), soit une augmentation respective de 54,4% et de 47,0%, $p = 0,03$. Les symptômes étaient similaires entre les deux groupes, quelle que soit la période.

En termes d'utilisation des moustiquaires chez les enfants de moins de 5 ans, en juillet le pourcentage d'utilisation était similaire entre le groupe Information et le groupe MILD 90,9% vs. 82,6%, $p = 0,252$. En décembre, l'utilisation des moustiquaires avait diminué de 15,9% et 7,6% respectivement parmi les ménages du groupe Information et ceux du groupe MILD mais, la différence n'était pas statistiquement significative, $p = 0,119$.

Concernant le revenu des ménages (valeur monétaire de la volaille), en juillet les deux groupes étaient similaires, 3166,7 F CFA (4,8 €) dans le groupe Information et 3111,7 F CFA (4,7 €) dans le groupe MILD, $p = 0,946$. En décembre, le revenu du groupe information est passé à 4592,4 F CFA (7 €); alors que celui du groupe MILD à 3096,6 F CFA = 4,7 €) avec une différence statistiquement significative de 1495,80, au seuil de 10%.

Quand nous comparons les deux groupes en termes d'investissement dans l'éducation, en juillet les ménages du groupe MILD avaient dépensé 872,5 F CFA (1,3 €) et ceux du groupe Information 1489,4 F CFA (1,3 €); $p = 0,158$. En décembre, bien que les dépenses effectuées aient augmenté aussi bien dans le groupe Information que MILD, elles étaient similaires entre les deux groupes 4756,5 F CFA (7,3 €) vs. 5945,5 (9,1 €), $p = 0,643$.

Les dépenses effectuées dans les activités agricoles (achat et entretien des outils de culture, engrais, insecticide, mains d'œuvres etc.), le nombre d'années d'études du chef de ménage était statistiquement différent entre les deux groupes au seuil de 10%, en juillet. Les dépenses agricoles étaient plus élevées dans le groupe Information que dans le groupe MILD 13120.0 F CFA (20,0 €) vs. 26824.5 F CFA (40,9 €), $p = 0,059$. Le niveau d'éducation des chefs de ménage du groupe Information était légèrement plus élevé que celui du groupe MILD 0,6 vs. 1,8 années, $p = 0,075$.

- **MILD vs. Standard**

Le pourcentage d'utilisation des moustiquaires en juillet, était plus élevé dans le groupe de ménages en situation Standard que dans celui des ménages MILD 87,5% vs. 82,6%, $p = 0,049$. En décembre pendant la saison de forte transmission, le niveau d'utilisation des moustiquaires avait diminué respectivement de 16,8% et 3,8% dans le groupe Standard et le groupe MILD, mais les deux groupes restaient similaires $p = 0,418$. La proportion des cas du paludisme clinique était également similaire entre le groupe en situation Standard et le groupe MILD aussi bien en juillet 0,8% vs. 1,3% ; $p = 0,652$, qu'en décembre 20,7% vs 21,7% ; $p = 0,841$. Cependant, on notait de juillet à décembre que l'augmentation des cas du paludisme clinique était importante dans les deux groupes, soit 24,9% dans le groupe Standard et 16,9% dans le groupe MILD. Les autres indicateurs du paludisme et les symptômes étaient similaires entre les deux groupes en juillet et décembre.

Le revenu du ménage (valeur monétaire de la volaille) était similaire entre les deux groupes en juillet 3437,50 F CFA (5,2 €) dans le groupe de ménages en situation Standard et 3111,70 F CFA (4,7 €) dans le groupe MILD, $p = 0,775$. Contrairement au revenu du groupe de ménages en situation Standard qui avait augmenté de 769,6 F CFA (1,2 €), le revenu du groupe MILD avait diminué de 15,1 F CFA (0,02 €), mais la différence (1110,7) n'était pas statistiquement significative entre les deux groupes, $p = 0,198$.

Les dépenses d'investissement dans l'éducation étaient similaires entre les groupes en juillet, 832.19 F CFA (1,3 €) pour le groupe Standard et 1489.36 (2,3 €) pour le groupe MILD, $p = 0,14$. En décembre les dépenses ont augmenté respectivement de 2156.84 F CFA (3,3 €) et 2956.43 F CFA (4,5 €), mais la différence (-2956,43) n'était pas statistiquement significative $p = 0,270$.

En regardant la dépense de santé due au paludisme en juillet, en valeur absolue les ménages du groupe MILD avaient dépensé plus que ceux du groupe Standard 3042,55 F CFA (4,6 €) contre 987,50 F CFA (1,5 €) mais statistiquement il n'y avait pas de différence (2055,05 F CFA, 3,1 €) entre les deux groupes n'était pas significative ; $p = 0,235$. En décembre, la dépense de santé du groupe Standard avait augmenté (1982,93 F CFA ; 3,0 €), celle du groupe MILD avait diminué (630,68 F CFA ; 0,96 €) ; la différence (-3407,30 F CFA ; 5,2 €) entre les deux groupes était statistiquement significative au seuil 10% ; $p = 0,088$.

La taille du ménage et les dépenses d'alimentation qui étaient statistiquement différentes au seuil de 10%. Il y avait légèrement plus de personnes dans les ménages du groupe Standard que dans le groupe MILD 14 vs. 11 personnes, $p = 0,07$. Les autres caractéristiques des ménages étaient similaires entre les deux groupes en juillet et décembre. Les ménages du groupe MILD dépensaient légèrement plus dans l'alimentation que le groupe de ménages en situation Standard 1091,3 F CFA (1,7 €) vs. 2655,3 F CFA (4,0 €), $p = 0,083$.

- **Information vs. Standard**

Le niveau d'utilisation des moustiquaires étaient le même entre les deux groupes, quel que soit la période, mais en décembre le pourcentage des ménages dans lesquels les enfants de moins de 5 ans ayant dormis sous une moustiquaire avait diminué. L'utilisation des moustiquaires est passée de 87,5% en juillet à 70,7% en décembre dans le groupe de ménages en situation Standard soit une diminution de 16,8% ; de 90,9% à 75,0% dans le groupe Information, une diminution de 15,9%.

La proportion des enfants de moins de 5 ans ayant le paludisme clinique en juillet était similaire entre le groupe Standard et le groupe Information 0,08% vs. 2,1% ; $p = 0,207$. En décembre, la proportion a augmenté dans les deux groupes, mais elle l'avait été légèrement plus élevée dans le groupe Standard (20,7%) que le groupe Information (12,8%) avec une différence statistique (7,8%), était significative au seuil de 10%, $p = 0,092$. En ce qui concerne la proportion des enfants infectés par *P. falciparum* et la parasitémie, la différence statistique n'était pas significative entre les deux groupes en juillet et décembre. Les symptômes étaient également similaires entre les groupes, sauf la fièvre qui était plus élevée dans le groupe Standard, $p = 0,016$.

Le revenu du ménage était 3437,50 F CFA (5,2 €) et 3166,67 F CFA (4,8 €) respectivement dans les groupe Standard et Information, $p = 0,82$. En décembre, bien qu'il n'y ait pas eu de différence statistique significative entre les deux groupes, le revenu a augmenté respectivement de 769,82 F CFA (1,2 €) et 1425,72 F CFA (2,2 €). En ce qui concerne l'investissement dans l'éducation, en moyenne les ménages du groupe Standard avaient dépensé 832,19 F CFA (1,3 €) et ceux du groupe Information en ont dépensé 872,50 F CFA (1,3 €) ; $p = 0,906$. En décembre, les deux groupes de ménages ont dépensé plus dans l'éducation qu'en juillet avec une différence respective de 2156,84 F CFA (3,3 €) et 4755,25 F CFA (7,4 €), mais la différence (-1767,50) entre les deux n'était pas statistiquement significative.

La dépense de santé due au paludisme (frais de consultation, médicaments, transport) en juillet était de 987,50 F CFA (1,5 €) dans le groupe Standard et 1195,56 F CFA (1,8 €) dans le groupe Information ; $p = 0,79$. En décembre la dépense de santé effectuée par les ménages du groupe Standard était 1982,93 F CFA (3,0 €) et celle faite par les ménages du groupe Standard 615,22 F CFA (0,94 €), mais la différence entre les deux groupes n'était statistiquement significative (1367,71) ; $p = 0,192$). Cependant, on note que la dépense de santé avait des ménages du groupe Standard a augmenté de 99,43 F CFA (1,5 €) et celle des ménages du groupe Information a diminué de 580,3 F CFA (0,89 €).

Les autres caractéristiques étaient similaires entre les deux groupes aussi bien en juillet, qu'en décembre.

2.4.2. Effets du paludisme sur le revenu et l'éducation

Dans cette section nous présentons, interprétons et discutons les résultats des estimations de l'effet des différents traitements sur le revenu des ménages et l'investissement dans l'éducation.

Les résultats des estimations en intention de traiter et de l'effet du traitement moyen local sont fournis dans les tableaux et figure ci-dessous. En incluant tous les ménages randomisés, l'analyse en intention de traiter nous fournit des estimations qui reflètent celles qui seraient observées dans la pratique courante. A travers l'approche de l'analyse de l'effet du traitement moyen local nous estimons l'effet du traitement pour la sous-population des ménages compliers, c'est-à-dire les

ménages qui ont respecté leur groupe d'assignation. Les écart-types de la variable paludisme clinique sont regroupés au niveau ménage.

Encadre 2. 1 : Caractéristiques de base en juillet et effets-simple différence en décembre

Les nombres de ménages et d'enfants enrôlés étaient similaires entre les 4 groupes comparés deux à deux en juillet ou décembre. Les taux d'attritions étaient également comparables entre les groupes.

- Caractéristiques de base en juillet (faible transmission du paludisme)

A part quelques indicateurs, en général les caractéristiques de base étaient comparables entre les groupes comparés deux à deux.

- La proportion de diarrhée était plus élevée parmi les enfants des groupe MILD-Information (21,3%) comparés à ceux du groupe MILD (12,3%), $p = 0,04$ ou ceux du groupe Information (13,3%) $p = 0,076$. La proportion des enfants ayant la fièvre (température axillaire $\geq 37,5$ degrés Celsius) était légèrement plus élevée dans le groupe MILD (24%) que dans le groupe Information (14%), $p = 0,059$; plus élevée dans le groupe situation Standard (16,3%) que dans le groupe MILD (7%), $p = 0,016$.
- En ce qui concerne, les caractéristiques socioéconomiques du ménage, les dépenses pour la nourriture et les soins des animaux, le nombre d'années d'éducatons des chefs de ménages et des femmes étaient plus élevés dans le groupe MILD que dans le groupe MILD-Information. La proportion d'utilisation des moustiquaires était légèrement plus élevée dans le groupe Standard que dans le groupe MILD-Information ($p = 0,08$). Les dépenses liées à l'agriculture étaient légèrement plus élevées dans le groupe MILD que dans le groupe Information ($p = 0,059$). Le nombre moyen des personnes vivant dans les ménages du groupe Standard était légèrement plus élevé dans le groupe MILD ($p = 0,07$). Les dépenses de bétails étaient légèrement plus élevées dans le groupe MILD que dans le groupe Standard ($p = 0,083$). Les dépenses agricoles étaient plus élevées dans le groupe Standard que le groupe Information ($p = 0,025$).

2.4.2.1. Intention de traitement (ITT)

Les estimations des régressions sans les variables de contrôle sont sur la figure 2.1 (coefficients) et les tableaux 2. II et 2. III.

- **Estimations DD sans variables de contrôle**

Les figure 2.1 et le tableau 2. II présentent les estimations sans les variables de contrôle.

- Effet sur le revenu

Les coefficients du traitement MILD-Information (MIvsM, MIvsI, MIvsSTD) est positif, mais significatif à 5% uniquement, quand il est comparé au groupe MILD. Ces résultats impliquent, que l'octroi des moustiquaires, combiné à l'information des ménages sur la prévention du paludisme a permis aux ménages d'épargner 2956 F CFA (4,5 €). Le coefficient du groupe MILD est négatif quand son groupe de contrôle est Information seule (IS) et positif quand son groupe de contrôle est la situation Standard (STD), mais aucun des coefficients n'est significatif. Quant au coefficient du traitement Information dont le groupe de contrôle est la situation Standard est positif, mais non significatif.

- Effet sur les dépenses d'éducation

Les coefficients du traitement MILD-Information (MIvsM, MIvsI, MIvsSTD) sont positifs quel que soit le groupe de contrôle, mais non statistiquement significatifs. Le coefficient du traitement MILD est négatif quand son groupe de contrôle est Information et positif quand le groupe de contrôle est la situation Standard, mais aucun des coefficients n'est statistiquement significatif.

- Effet sur le paludisme clinique

Le traitement MILD-Information (MIvsM, MIvsSTD) avait eu un effet négatif et significatif au seuil de 10% sur le paludisme clinique quand son groupe de contrôle est MILD ou la situation Standard. Ces résultats indiquent, qu'en plus de donner des moustiquaires, expliquer aux mères que leurs enfants peuvent éviter le paludisme et être sauvés des décès liés au paludisme en utilisant des moyens de prévention telles que, les moustiquaires et la CPS, avaient entraîné une diminution de la survenue du paludisme clinique chez les enfants de moins de 5 ans. Le point

d'estimations de -0,0916 (écart-type = 0,0492) du traitement MILD-Information (groupe de contrôle MILD) implique que, dans une situation de possession de moustiquaires, une augmentation d'un point de pourcentage des messages d'informations sur les soins du paludisme aux mères, diminue la survenue du paludisme clinique de 1%. La magnitude de l'effet du traitement MILD-Information était restée pratiquement inchangée, même quand on la situation Standard est le groupe de contrôle -0,0912 (écart-type = 0,0493), une diminution du paludisme clinique de 0,9% quand les messages d'information aux mères augmentent d'un point de pourcentage.

Les coefficients du traitement Information seule étaient significatifs au seuil de 5%, lors que le groupe de contrôle est MILD (-0,0974) et de 10% si le groupe de contrôle est la situation Standard (-0,0924). Ces estimations indiquent qu'en adressant des messages de rappels et d'informations aux mères sur les attitudes à adopter pour la prévention du paludisme on pourra diminuer significativement la prévalence du paludisme clinique. Par exemple, le point d'estimations -0,0974, implique qu'une augmentation d'un point de pourcentage des messages d'informations sur le paludisme entrainera une diminution de la prévalence du paludisme clinique de 1%.

Les coefficients du traitement MILD seule (groupe de contrôle situation Standard) sont positifs mais non significatifs.

En résumé les messages d'information sur le paludisme adressés aux mères qu'ils soient associés ou non à l'octroi des moustiquaires avaient eu un effet négatif sur la prévalence du paludisme clinique chez les enfants de moins de 5 ans. Cet effet est de l'ordre d'une diminution de 1% du paludisme clinique. En revanche, l'octroi des moustiquaires seules, ne suffirait pas à protéger du paludisme clinique chez les enfants des moins de 5 ans.

- Effet sur l'utilisation des moustiquaires

En dehors du couple Information vs. MILD (groupe de contrôle est MILD), les coefficients des autres couples de comparaison (MILD-Information vs. Standard, MILD-Information vs. MILD, MILD-Information vs. Information, MILD vs. Standard, Information vs. Standard) sont positifs quel que soit le traitement, mais significatifs à 5% que seulement pour le traitement MILD-Information quand il est comparé au groupe Information ou à la situation Standard. Le point

d'estimation 0,267 du traitement MILD-Information (groupe contrôle Information) indique que, pour une augmentation des messages d'information sur les soins du paludisme d'un point de pourcentage, l'utilisation des moustiquaires augment de 26,7%. Un effet similaire a été observé quand le groupe de contrôle est la situation Standard, soit une augmentation de l'utilisation des moustiquaires de 27,6 % si les messages d'information augmente d'un point de pourcentage. A travers ces résultats, on peut se rendre compte que l'effet de l'information sur l'utilisation des moustiquaires est mitigé. En effet, au regard des effets de l'information sur la prévalence du paludisme clinique, on devrait s'attendre à ce que le traitement MILD-Information comparé à Information n'ait pas d'effet significatif sur l'utilisation des moustiquaires ou que l'effet soit significatif quand il est comparé à MILD seule.

En résumé, bien que les messages d'informations sur le paludisme adressés aux mères aient eu une influence positive, les résultats ne corroborent pas avec nos hypothèses de départ. Pour rappel, les hypothèses stipulent que, les effets des trois groupes sont supérieurs à celui de la situation Standard, l'effet de MILD-Information est supérieur à ceux de MILD, Information et situation Standard pris individuellement.

- **Estimations DD avec les variables de contrôle**

Le tableau 2. III présente les estimations de régressions des effets des différents traitements (MILD-Information, Information et MILD) sur l'utilisation des moustiquaires, le paludisme clinique, le revenu et les dépenses d'éducation en contrôlant pour le nombre d'années d'éducation des parents (chef du ménage, femmes) et la taille du ménage. Ces variables de contrôle, bien qu'en général n'étaient pas statistiquement différentes entre les différents groupes de traitement et leurs groupes de contrôle respectifs, jouent un rôle important dans le revenu du ménage et donc dans les investissements scolaires ainsi qu'à l'exposition au paludisme. L'écart-type du paludisme clinique est regroupé au niveau ménage.

- Effet sur le revenu

Concernant le revenu, la magnitude des coefficients a changé ainsi que le niveau de significativité. Les coefficients du traitement MILD-Information sur le revenu sont positifs et significatifs au seuil de 5% comparé au groupe situation Standard (coefficient = 3194 F CFA, 5 €) et 1% comparé au groupe MILD (3659 F CFA, 6 €). Pour les autres couples de comparaison,

les résultats ne sont pas concluants. Contrairement à nos hypothèses, le montant d'épargne faite par l'octroi des moustiquaires, combiné aux messages d'informations sur les soins préventifs du paludisme est inférieur à celui que les messages d'information seuls 3194 vs. 3659 F CFA. Donc, ces effets n'étaient pas dus à l'information ou qu'il y a eu une contamination du traitement, c'est-à-dire les ménages des groupes de contrôle (situation Standard ou MILD) ont pris connaissance des messages d'information ou un effet d'externalité (effets non analysés).

- Effet sur les dépenses d'éducation

Les coefficients des dépenses d'éducation sont positifs sauf pour le couple Information vs. MILD (Traitement = Information). Seul, le coefficient de MILD-Information est significatif au seuil de 10% quand le groupe de contrôle est la situation Standard (2863 F CFA, 4 €). Donc, l'octroi des moustiquaires combiné aux messages sur le paludisme a permis aux ménages de faire des dépenses supplémentaires de 2863 F CFA dans l'éducation de leurs enfants.

- Effet sur l'utilisation des moustiquaires

Les coefficients de MILD-Information sont positifs quel que soit le groupe considéré comme contrôle, mais significatifs quand le groupe de contrôle est situation Standard (0,307, écart-type = 0,133) ou Information (0,298, écart-type = 0,125) au seuil de 5%. Donc, quant on se réfère aux résultats de MILD-Information vs. situation Standard, si les ménages possèdent des moustiquaires, une augmentation de la fréquence de causerie éducative sur les soins préventifs du paludisme d'un point de pourcentage, l'utilisation des moustiquaires chez les enfants de moins de 5 ans augment de 13%.

L'évaluation ayant été faite quatre mois après avoir passé les messages d'information, cet effet n'est pas négligeable. Les coefficients des autres couples de comparaison ne sont pas concluants.

- Effet sur les dépenses de santé

Le coefficient du groupe MILD comparé au groupe situation Standard est négatif et significatif à 10% (3460 F CFA, 5 €). Les coefficients des autres couples de comparaison ne sont pas concluants.

Encadre 2. 2 : Effets DD simple

Les résultats des estimations sans variables de contrôle du traitement MILD-Information sont mitigés concernant l'utilisation des moustiquaires. Comparée à l'Information seule ou la Situation Standard seule, l'octroi de moustiquaires combiné aux messages d'Information sur la prévention du paludisme avait un effet positif et significatif au seuil 5% sur l'attitude des parents par rapport à l'utilisation des moustiquaires chez les enfants de moins de 5 ans. Par contre, bien que positif, l'effet de l'octroi des moustiquaires plus les messages d'Information comparée à l'octroi des moustiquaires seules n'est pas statistiquement significatif. De plus, l'octroi de moustiquaires seules ou de l'Information influait positivement l'utilisation des moustiquaires, mais leurs effets n'étaient pas significatifs. Ceci impliquerait qu'en plus de donner des moustiquaires aux personnes, il est nécessaire de faire passer des messages clés sur l'importance de leur utilisation pour la prévention du paludisme. En ce qui concerne le revenu, les résultats sont davantage mitigés. L'association de l'octroi des moustiquaires aux messages d'Information sur la prévention du paludisme avait une influence positive sur le revenu (volaille) des ménages, mais n'était statistiquement significative que comparée à l'octroi des moustiquaires seules. Les résultats de l'Information seule ou de l'octroi des moustiquaires seules n'étaient pas concluants non plus. Concernant l'éducation, qu'il s'agisse de l'association de l'octroi des moustiquaires combiné aux messages d'Information sur la prévention du paludisme, ou de l'octroi des moustiquaires seules ou de l'Information seule, l'intervention avait une influence positive sur les dépenses d'éducation, mais les coefficients n'étaient pas statistiquement significatifs.

2.4.2.2. Effet du traitement moyen local (LATE)

Les estimations LATE sont fournies dans les tableaux 2. IV et 2. V. Les estimations LATE sont les effets du traitement chez les compliers, c'est-à-dire les ménages qui ont effectivement respecté leur groupe d'assignation.

- **Estimations DD sans variables de contrôle**

Les estimations sont dans le tableau 2. IV. A part le coefficient de MILD-Information vs. MILD qui est positif et significatif au seuil de 5% pour le revenu (coefficient = 2267 F CFA, 3 €) et celui de MILD-Information vs. situation Standard qui est positif et significatif au seuil de 10% (3 €), les estimations des autres couple de comparaison ne sont pas concluantes.

- **Estimations DD sans variables avec contrôle**

En ce qui concerne le revenu qui est un de nos résultats d'intérêt, le coefficient du traitement complet (MILD-Information) est positif et significatif au seuil de 10% et 1% respectivement si le groupe de contrôle est la situation Standard (1849 F CFA, 3 €) ou MILD (2714 F CFA , 4 €). L'information sur les soins du paludisme fournie aux mères qui ont respecté leur groupe d'assignation a permis aux ménages d'épargner 1849 F CFA. Au regard, des coefficients de la variable paludisme clinique qui sont négatifs mais non significatifs, l'épargne réalisée n'était due uniquement à notre intervention MILD-Information.

Quand on analyse les dépenses d'éducation, le coefficient du traitement complet (MILD-Information) dont le groupe de contrôle est la situation Standard, le coefficient est positif et significatif au seuil de 5% (2137 F CFA, 3 €). Donc, chez les groupes de ménages qui ont respecté leurs groupes d'assignation aléatoire, il y a eu des dépenses supplémentaires de 2137 F CFA dans l'éducation, ce qui n'est négligeable.

Encadre 2. 3 : Synthèse résultats

Nous nous focalisons sur MILD-Information et situation Standard qui sont respectivement l'intervention principale et le groupe de contrôle principal et les estimations des modèles avec les variables de contrôle sélectives (éducation des parents et taille du ménage)

- Les estimations du modèle ITT, montrent qu'en moyenne, les ménages du groupe traité ont fait une épargne de 3190 F CFA (5 €) et des dépenses d'éducation de 2860 F CFA (4 €) plus que ceux du groupe de contrôle. La prévalence du paludisme clinique, chez les enfants des ménages du groupe traité était 0,9 points de pourcentage moins que ceux du groupe de contrôle. L'utilisation des moustiquaires chez les enfants de moins de 5 ans du groupe traité était 30,7 points de pourcentage plus que chez les enfants du groupe de contrôle. Les dépenses de santé liées au paludisme étaient similaires entre les deux groupes.
- Les estimations du modèle LATE (les ménages qui ont respecté leur groupe d'assignation aléatoire), les ménages du groupe traité avaient fait en moyenne plus d'épargne (1840, 3 €) et dépenses d'éducation (2130, 3 €) que ceux du groupe de contrôle. Par contre, la prévalence du paludisme clinique et le pourcentage d'utilisation des moustiquaires étaient similaires entre les deux groupes. Les dépenses de santé liées au paludisme étaient également similaires entre les deux groupes.

En somme, le revenu des ménages déterminent l'investissement dans l'éducation. Et, s'il est fort probable que, l'épargne réalisée par les ménages est due à la diminution du paludisme qui est consécutive à l'utilisation des moustiquaires, les dépenses de soins du paludisme ne seraient pas les principaux canaux de transmission de l'effet du paludisme sur le revenu.

Conclusion

A travers un essai randomisé contrôlé cette étude visait à analyser les effets du paludisme sur le revenu et l'investissement dans l'éducation dans une zone où la transmission du paludisme est endémique avec des pics pendant la saison des pluies. Pour ce faire, tous les ménages qui ont accepté de participer à l'étude ont été assignés aléatoirement à quatre groupes pour recevoir des moustiquaires plus des informations sur les soins préventifs, des moustiquaires seules, de l'information seule ou rien. La méthode de double différence a été utilisée pour analyser l'effet du paludisme sur la valeur monétaire de la volaille, utilisée comme proxy du revenu et les dépenses d'éducation comme proxy d'investissement dans l'éducation. Nous avons utilisé l'approche en intention de traiter (ITT), c'est à dire sans tenir compte de qui a reçu ou pas le traitement, ce qui reflète la situation réelle d'une politique de santé. L'approche de l'effet du traitement moyen local, « Local Average Treatment Effect » (LATE), c'est-à-dire les ménages qui ont respecté leur groupe respectif (traitement ou contrôle), c'est-à-dire les « compliers », ce qui permet vérifier l'efficacité du traitement.

Les résultats de cette étude indiquent que, diminution du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans, a permis aux ménages de faire une épargne et des investissements dans l'éducation des enfants. Cependant, les mécanismes à travers lesquels le paludisme impact sur le revenu et l'investissement scolaire restent à déterminer, à travers des études à large échelle, mais aussi en tenant compte des limites de cette étude.

Il faut rappeler que les messages d'information sur les soins du paludisme ont été passés une seule fois, juste avant le début des campagnes de la CPS et les moustiquaires ont été distribuées seulement aux ménages assignés aux groupes moustiquaires. Le coût de mise en œuvre des interventions (moustiquaires, Informations, équipe de recherche) est globalement abordable, mais il est difficile de réaliser des séances d'information de santé par village à chaque début de campagne de CPS ou de campagne de distribution de moustiquaires. Il s'avère donc, nécessaire de chercher des stratégies novatrices efficaces mais, aussi abordables. Par ailleurs, les femmes ont été choisies pour participer à la séance d'information sur le paludisme pour la simple raison que ce sont elles qui s'occupent beaucoup plus des petits enfants que les pères. Cependant, l'implication des chefs de ménages (pères) y est également déterminante, car ce sont eux qui ont

le pouvoir de décision dans la zone où nous avons réalisé cette étude. Par conséquent, il sera intéressant d'impliquer le couple père-mère (ou chef de ménage) dans les séances d'informations sur les soins de santé et étaler les interventions sur le long terme pour mieux cerner les questions non répondues dans cette étude.

Le chapitre suivant, teste l'efficacité de la fréquence et du type d'informations en santé, diffusées à travers une plateforme de téléphonie mobile, sur l'utilisation et l'adoption des soins préventifs du paludisme.

2.5.Limites

L'une des principales limites de cette étude est la faible taille de l'échantillon qui peut conduire à une faible puissance statistique et donc limiter la portée des résultats. La différence de certaines caractéristiques de base observées entre les groupes de traitement et de contrôle pourrait être due à la taille de l'échantillon. Par ailleurs, les mesures de revenu utilisées, pourraient ne pas refléter le revenu réel du ménage.

L'administration des médicaments de la CPS a été faite par l'Etat, mais au premier passage (juillet) et au quatrième passage (novembre), l'équipe de recherche était présente sur le terrain pour participer à l'organisation et la mise en œuvre dans le village de Briga. Cependant, l'équipe de recherche n'a pas pu observer l'administration des médicaments lors des deuxièmes et troisièmes campagnes. Il se pourrait que certains enfants n'aient pas reçu les médicaments de la CPS pendant les quatre passages qui ont eu lieu en 2016, pouvant entraîner ainsi d'autres biais dans nos estimations. De plus, il n'y a pas de certitude quant à l'administration des doses des deuxième et troisième jours qui doivent être faites à domicile par les parents. Néanmoins, nous pouvons supposer que ces aspects sont aléatoires entre les quatre groupes compte tenu de la randomisation.

Le village est petit et les personnes se connaissent, alors les membres des ménages du groupe de contrôle, pourraient être informés du contenu des messages passés aux ménages du groupe de traitement ou pourraient bénéficier indirectement de l'effet des interventions (externalité positive). Dans ce cas, les modèles sous-estiment l'effet du paludisme sur nos résultats d'intérêts (revenu, investissement scolaire).

Enfin, cette étude ayant été réalisée dans un petit village, les résultats ne sont pas généralisables à d'autres villages, encore moins à toute la population du Mali.

2.6. Annexes

Tableau 2. A 1 : Comparaison des indicateurs du paludisme entre chaque groupe de traitement et son groupe de contrôle

	FAIBLE TRANSMISSION (JUILLET)									FORTE TRANSMISSION (DECEMBRE)										
	MILD			MILD-Information			Diff.	p-value	MILD			MILD-Information			Diff.	p-value	diff-in-diff	p-value		
	Obs.	Moy.	ET.	Obs.	Moy.	ET.			Obs.	Moy.	ET.	Obs.	Moy.	ET.						
Pf positif	154	0.11	0.16	140	0.09	0.20	0.02	0.398	134	0.653	0.301	125	0.584	0.306	0.07	0.069	-0.05	0.466		
Paludisme clinique	152	0.01	0.11	132	0.02	0.12	0.00	0.887	129	0.22	0.41	122	0.123	0.33	0.09	0.048	-0.10	0.064		
Parasitémie	154	2068.83	20245.29	138	4660.51	45741.91	-2591.68	0.525	133	124898.87	344037.37	125	68206.4	171435.855	56692.47	0.098	-59284.15	0.098		
Anélie	152	0.76	0.43	136	0.71	0.46	0.06	0.272	131	0.81	0.39	124	0.847	0.362	-0.04	0.429	0.10	0.140		
Fièvre (temp axillaire >= 37.5°C)	152	0.14	0.35	134	0.10	0.31	0.03	0.388	130	0.28	0.45	122	0.205	0.405	0.07	0.184	-0.04	0.549		
Vomissement	154	0.12	0.33	136	0.12	0.32	0.01	0.882	131	0.05	0.21	124	0.032	0.177	0.01	0.579	-0.01	0.896		
Douleur abdominale	154	0.01	0.08	136	0.01	0.09	0.00	0.930	131	0.02	0.12	124	0.016	0.126	0.00	0.956	0.00	1.000		
Diarrhée	154	0.12	0.33	136	0.21	0.41	-0.09	0.040	131	0.06	0.24	124	0.065	0.247	0.00	0.910	-0.09	0.134		
Splénomégalie (Hackett)	154	0.01	0.08	137	0.02	0.15	-0.02	0.261	130	0.008	0.088	124	0.016	0.126	-0.01	0.536	-0.01	0.755		
		Standard			MILD-Information						Standard			MILD-Information						
Pf positif	142	0.09	0.29	138	0.09	0.29	0.00	0.939	135	0.53	0.50	125	0.58	0.50	-0.06	0.35	0.06	0.508		
Paludisme clinique	141	0.02	0.15	132	0.02	0.12	0.01	0.707	133	0.13	0.34	122	0.12	0.33	0.01	0.91	0.00	0.979		
Parasitémie	142	33280.46	368505.90	138	4660.51	45741.91	28619.95	0.366	135	221437.04	967780.71	125	68206.40	171435.86	153230.64	0.08	-124610.69	0.053		
Anélie	142	0.70	0.46	136	0.71	0.46	0.00	0.976	136	0.82	0.38	124	0.85	0.36	-0.02	0.62	0.02	0.74		
Fièvre (temp axillaire >= 37.5°C)	142	0.07	0.26	134	0.10	0.31	-0.03	0.317	135	0.22	0.44	122	0.21	0.41	0.02	0.74	-0.05	0.465		
Vomissement	143	0.07	0.26	136	0.12	0.32	-0.05	0.172	136	0.04	0.21	124	0.03	0.18	0.01	0.62	-0.06	0.218		
Douleur abdominale	143	0.04	0.18	136	0.01	0.09	0.03	0.113	136	0.01	0.09	124	0.02	0.13	-0.01	0.51	0.04	0.098		
Diarrhée	143	0.13	0.34	136	0.21	0.41	-0.08	0.076	136	0.04	0.21	124	0.07	0.25	-0.02	0.47	-0.06	0.276		
Splénomégalie (Hackett)	143	0.01	0.12	137	0.02	0.15	-0.01	0.619	136	0.02	0.12	124	0.02	0.13	0.00	0.93	-0.01	0.792		
		Standard			MILD-Information						Standard			MILD-Information						
Pf positif	138	0.09	0.29	138	0.09	0.29	0.00	1.000	123	0.59	0.50	125	0.58	0.495	0.00	0.98	0.00	0.986		
Paludisme clinique	131	0.01	0.09	132	0.02	0.12	-0.01	0.568	121	0.21	0.41	122	0.12	0.33	0.08	0.08	-0.09	0.066		
Parasitémie	138	3888.95	30962.70	138	4660.51	45741.91	-771.56	0.870	123	143852.03	453121.39	125	68206.40	171435.855	75645.63	0.08	-76417.19	0.099		
Anélie	138	0.75	0.44	136	0.71	0.46	0.04	0.454	124	0.84	0.37	124	0.85	0.362	-0.01	0.86	0.05	0.400		
Fièvre (temp axillaire >= 37.5°C)	135	0.16	0.37	134	0.10	0.31	0.06	0.160	124	0.26	0.44	122	0.21	0.405	0.05	0.33	0.01	0.932		
Vomissement	138	0.11	0.31	136	0.12	0.32	-0.01	0.816	124	0.02	0.15	124	0.03	0.177	-0.01	0.70	0.00	0.986		
Douleur abdominale	138	0.03	0.17	136	0.01	0.09	0.02	0.182	124	0.01	0.09	124	0.02	0.126	-0.01	0.56	0.03	0.160		
Diarrhée	138	0.16	0.37	136	0.21	0.41	-0.05	0.254	124	0.05	0.22	124	0.07	0.247	-0.02	0.58	-0.04	0.502		
Splénomégalie (Hackett)	138	0.02	0.15	137	0.02	0.15	0.00	0.993	124	0.02	0.15	124	0.02	0.126	0.01	0.65	-0.01	0.764		
		MILD			Information						MILD			Information						
Pf positif	154	0.11	0.31	142	0.09	0.29	0.02	0.593	133	0.65	0.48	135	0.53	0.50	0.13	0.033	-0.11	0.164		
Paludisme clinique	152	0.01	0.11	141	0.02	0.15	-0.01	0.593	129	0.22	0.41	133	0.13	0.34	0.09	0.056	-0.10	0.049		
Parasitémie	154	2068.83	20245.29	142	33280.46	368505.90	-31211.63	0.295	133	124898.87	344037.37	135	221437.04	967780.71	-96538.17	0.279	65326.54	0.344		
Anélie	152	0.76	0.43	142	0.70	0.46	0.06	0.254	131	0.81	0.39	136	0.82	0.38	-0.01	0.763	0.07	0.322		
Fièvre (temp axillaire >= 37.5°C)	154	0.31	0.46	143	0.22	0.42	0.08	0.113	131	0.39	0.49	136	0.34	0.48	0.05	0.388	0.03	0.753		
Vomissement	154	0.12	0.33	143	0.07	0.26	0.05	0.122	131	0.05	0.21	136	0.04	0.21	0.00	0.947	0.05	0.316		
Douleur abdominale	154	0.01	0.08	143	0.04	0.18	-0.03	0.082	131	0.02	0.12	136	0.01	0.09	0.01	0.541	-0.04	0.089		
Diarrhée	154	0.12	0.33	143	0.13	0.34	-0.01	0.808	131	0.06	0.24	136	0.04	0.21	0.02	0.536	-0.03	0.624		
Splénomégalie (Hackett)	154	0.01	0.08	143	0.01	0.12	-0.01	0.520	130	0.01	0.09	136	0.02	0.12	-0.01	0.59	0.00	0.978		
		Standard			MILD						Standard			MILD						
Pf positif	138	0.094	0.293	154	0.11	0.314	-0.016	0.651	123	0.585	0.495	133	0.654	0.477	-0.069	0.259	0.053	0.449		
Paludisme clinique	131	0.008	0.087	152	0.013	0.114	-0.006	0.652	121	0.207	0.407	129	0.217	0.414	-0.01	0.841	0.005	0.922		
Parasitémie	138	3888.949	30962.702	154	2068.831	20245.287	1820.118	0.549	123	143852.033	453121.39	133	124898.872	344037.374	18953.16	0.705	-17133.042	0.747		
Anélie	138	0.746	0.437	152	0.763	0.427	-0.017	0.741	124	0.839	0.369	131	0.809	0.394	0.03	0.538	-0.046	0.492		
Fièvre (temp axillaire >= 37.5°C)	135	0.163	0.371	152	0.138	0.346	0.025	0.558	124	0.258	0.439	130	0.277	0.449	-0.019	0.736	0.044	0.467		
Vomissement	138	0.109	0.312	154	0.123	0.33	-0.015	0.697	124	0.024	0.154	131	0.046	0.21	-0.022	0.352	0.007	0.899		
Douleur abdominale	138	0.029	0.168	154	0.006	0.081	0.022	0.14	124	0.008	0.09	131	0.015	0.123	-0.007	0.596	0.03	0.147		
Diarrhée	138	0.159	0.367	154	0.123	0.33	0.036	0.378	124	0.048	0.215	131	0.061	0.24	-0.013	0.658	0.049	0.378		
Splénomégalie (Hackett)	138	0.022	0.146	154	0.006	0.081	0.015	0.265	124	0.024	0.154	130	0.008	0.088	0.017	0.293	-0.001	0.953		
		Standard			Information						Standard			Information						
Pf positif	138	0.09	0.29	142	0.09	0.29	0.00	0.939	123	0.59	0.50	135	0.53	0.50	0.06	0.339	-0.06	0.493		
Paludisme clinique	131	0.01	0.09	141	0.02	0.15	-0.01	0.352	121	0.21	0.41	133	0.13	0.34	0.08	0.092	-0.09	0.061		
Parasitémie	138	3888.95	30962.70	142	33280.46	368505.90	-29391.51	0.351	123	143852.03	453121.39	135	221437.04	967780.71	-77585.01	0.418	48193.50	0.622		
Anélie	138	0.75	0.44	142	0.70	0.46	0.04	0.431	124	0.84	0.37	136	0.82	0.37	0.02	0.746	0.03	0.694		
Fièvre (temp axillaire >= 37.5°C)	135	0.16	0.37	142	0.07	0.26	0.09	0.016	124	0.26	0.44	135	0.22	0.42	0.04	0.501	0.06	0.396		
Vomissement	138	0.11	0.31	143	0.07	0.26	0.04	0.255	124	0.02	0.15	136	0.04	0.21	-0.02	0.382	0.06	0.162		
Douleur abdominale	138	0.03	0.17	143	0.04	0.18	-0.01	0.777	124	0.01	0.09	136	0.01	0.09	0.00	0.948	-0.01	0.775		
Diarrhée	138	0.16	0.37	143	0.13	0.34	0.03	0.53	124	0.05	0.22	136	0.04	0.21	0.00	0.87	0.02	0.673		
Splénomégalie (Hackett)	138	0.02	0.15	143	0.01	0.12	0.01	0.625	124	0.02	0.15	136	0.02	0.12	0.01	0.58	0.00	0.941		

Notes: Standard: situation de base avec la chimioprévention du paludisme saisonnier; MILD-Information est le groupe de traitement complet ayant le reçu des moustiquaires et l'information, ET= écart-type, il est clusteré au niveau ménage

Tableau 2. A 2 : Comparaison des caractéristiques des ménages chaque groupe de traitement et son groupe de contrôle

	FAIBLE TRANSMISSION (JUILLET)								FORTE TRANSMISSION (DECEMBRE)									
	Obs.	Moy.	ET.	Obs.	Moy.	ET.	Diff.	p-value	Obs.	Moy.	ET.	Obs.	Moy.	ET.	Diff.	(p-value)	diff-in-diff	p-value
	MILD			MILD-Info					MILD			MILD-Info						
Utilisation Moustiquaire	46	0.83	0.38	43	0.72	0.45	0.11	0.240	42	0.79	0.42	41	0.83	0.38	-0.04	0.620	0.15	0.236
Nbre personne ménage	47	11.96	6.70	43	13.44	8.60	-1.48	0.361	43	12.23	6.86	42	13.38	8.73	-1.15	0.501	-0.34	0.887
Revenu ménage 3 DM																		
Volaille	47	3111.70	3742.04	44	3267.05	3713.15	-155.34	0.843	44	3096.59	2940.65	45	6208.33	6193.50	-3111.74	0.003	2956.40	0.023
Agricole	47	2129910.64	1562370.95	44	2491288.64	2050672.91	-361378.00	0.345	44	1569794.32	1182724.20	45	1898433.33	1318857.01	-328639.02	0.220	-32738.98	0.944
Bétaïls	47	270239.36	401363.33	44	197528.41	271866.39	72710.95	0.318	44	255937.50	433904.55	45	238097.22	206258.95	17840.28	0.804	54870.68	0.590
Total	47	450984.57	454548.76	44	409530.97	348484.14	41453.61	0.628	44	390421.31	438269.09	45	403369.44	262473.04	-12948.14	0.866	54401.75	0.635
Dépense ménage 3 DM																		
Paludisme	47	2652.13	5562.09	44	1805.68	4809.73	846.45	0.441	44	1238.07	2888.62	45	6283.00	29830.34	-5044.93	0.267	5891.38	0.202
Education	47	3042.55	10603.44	44	943.18	4204.39	2099.37	0.223	44	630.68	3382.79	45	1582.44	4491.75	-951.76	0.263	3051.13	0.105
Agricoe	47	26824.47	45231.53	44	24098.86	41478.25	2725.60	0.766	44	25340.25	31161.42	45	36103.33	59297.39	-10763.08	0.288	13488.69	0.320
Bétaïls	47	2655.32	5245.24	44	647.73	1449.54	2007.59	0.016	44	688.64	1684.47	45	1866.67	7361.79	-1178.03	0.303	3185.62	0.022
Nouriture	47	111622.34	95522.15	44	118902.27	80406.56	-7279.93	0.696	44	111657.96	88909.01	45	100933.33	45734.86	10724.62	0.475	-18004.55	0.451
Totale	47	199977.13	143722.53	44	252465.00	303802.75	-52487.87	0.290	44	210559.57	190361.88	45	205882.00	160401.77	4677.57	0.900	-57165.44	0.363
Nombre Année études CM	47	1.79	3.92	41	0.61	2.01	1.18	0.086	43	1.95	4.06	40	0.63	2.03	1.33	0.066	-0.15	0.875
Nombre Année études Epouse	47	1.04	2.90	44	0.16	0.81	0.88	0.055	44	1.11	2.99	45	0.16	0.80	0.96	0.041	-0.08	0.908
Nombre idéal enfants par femme	46	8.15	2.46	41	8.90	2.59	-0.75	0.169	41	9.29	2.42	42	8.81	2.83	0.48	0.406	-1.23	0.122
Utilisation Contraception	47	0.09	0.28	44	0.14	0.35	-0.05	0.440	44	0.09	0.29	45	0.11	0.32	-0.02	0.755	-0.03	0.738
		Information		MILD-Information					Information		MILD-Information							
Utilisation moustiquaire	44	0.91	0.29	43	0.721	0.454	0.19	0.023	44	0.75	0.44	41	0.83	0.38	-0.08	0.377	0.27	0.028
Nbre personne ménage	45	13.36	4.48	43	13.442	8.595	-0.09	0.953	45	13.67	4.44	42	13.38	8.73	0.29	0.846	-0.37	0.86
Revenu ménage 3 DM																		
Volaille	45	3166.67	4079.73	44	3267.045	3713.151	-100.38	0.904	46	4592.39	4334.57	45	6208.33	6193.50	-1615.94	0.152	1515.56	0.279
Agricole	45	2430056.67	2205695.22	44	2491288.636	2050672.912	-61231.97	0.892	46	1827168.59	1581548.79	45	1898433.33	1318857.01	-71264.75	0.816	10032.78	0.985
Bétaïls	45	391500.00	705856.15	44	197528.409	271866.394	193971.59	0.092	46	335679.35	475404.52	45	238097.22	206258.95	97582.13	0.209	96389.47	0.481
Total	45	597516.81	694311.30	44	409530.966	348484.137	187985.84	0.111	46	492674.38	485901.04	45	403369.44	262473.04	89304.93	0.28	98680.91	0.488
Dépense ménage 3 DM																		
Totale	45	194291.53	129015.65	44	252465	303802.752	-58173.47	0.241	46	188905.44	135566.14	45	205882.00	160401.77	-16976.57	0.587	-41196.90	0.483
Paludisme	45	1195.56	4330.70	44	943.182	4204.394	252.37	0.781	46	615.22	1775.63	45	1582.44	4491.75	-967.23	0.178	1219.60	0.293
Education	45	872.50	1640.37	44	979.591	1937.517	-107.09	0.779	46	4756.52	6733.94	45	5738.89	8387.77	-982.37	0.539	875.28	0.595
Agricoe	45	13120.00	16271.52	44	24098.864	41478.249	-10978.86	0.102	46	28408.70	47976.53	45	36103.33	59297.39	-7694.64	0.497	-3284.23	0.803
Bétaïls	45	2216.67	6978.03	44	647.727	1449.537	1568.94	0.148	46	1793.48	5171.55	45	1866.67	7361.79	-73.19	0.956	1642.13	0.338
Nouriture	45	128210.00	98778.31	44	118902.273	80406.558	9307.73	0.628	46	86934.78	43664.76	45	100933.33	45734.86	-13998.55	0.139	23306.28	0.274
Nombre Année études CM	45	0.62	1.91	41	0.61	2.011	0.01	0.977	45	0.62	1.91	40	0.63	2.03	0.00	0.995	0.02	0.98
Nombre Année études Epouse	45	0.69	2.27	44	0.159	0.805	0.53	0.147	46	0.67	2.24	45	0.16	0.80	0.52	0.147	0.01	0.982
Nombre idéal enfants par femme	40	9.18	2.76	41	8.902	2.587	0.27	0.648	46	9.26	2.14	42	8.81	2.83	0.45	0.399	-0.18	0.824
Utilisation Contraception	45	0.07	0.25	44	0.136	0.347	-0.07	0.281	46	0.13	0.34	45	0.11	0.32	0.02	0.78	-0.09	0.347
		Standard		MILD-Information					Standard		MILD-Information							
Utilisation Moustiquaire	40	0.88	0.34	43	0.72	0.45	0.15	0.08	41	0.71	0.46	41	0.83	0.38	-0.12	0.20	0.28	0.03
Nbre personne ménage	40	14.68	7.31	43	13.44	8.60	1.23	0.49	37	14.78	7.58	42	13.38	8.73	1.40	0.45	-0.17	0.95
Revenu ménage 3 DM																		
Volaille	40	3437.50	6662.66	44	3267.05	3713.15	170.46	0.88	41	4207.32	4798.73	45	6208.33	6193.50	-2001.02	0.10	2171.47	0.20
Agricole	40	2425762.50	2016012.35	44	2491288.64	2050672.91	-65526.14	0.88	41	1734651.22	1480221.04	45	1898433.33	1318857.01	-163782.11	0.59	98255.98	0.86
Bétaïls	40	343375.00	507732.55	44	197528.41	271866.39	145846.59	0.10	41	327317.07	472778.65	45	238097.22	206258.95	89219.85	0.25	56626.74	0.64
Total	40	550376.56	529780.20	44	409530.97	348484.14	140845.60	0.15	41	476353.05	485469.48	45	403369.44	262473.04	72983.60	0.38	67861.99	0.60
Dépense ménage 3 DM																		
Paludisme	40	987.50	2497.40	44	943.18	4204.39	44.32	0.95	41	1982.93	6795.55	45	1582.44	4491.75	400.48	0.75	-356.16	0.81
Education	40	832.19	1495.32	44	979.59	1937.52	-147.40	0.70	41	2989.02	6360.14	45	5738.89	8387.77	-2749.86	0.09	2602.46	0.12
Agricoe	40	38085.00	71350.83	44	24098.86	41478.25	13986.14	0.27	41	35524.39	105730.64	45	36103.33	59297.39	-578.94	0.98	14565.08	0.52
Bétaïls	40	1091.25	2248.59	44	647.73	1449.54	443.52	0.28	41	5780.49	35101.33	45	1866.67	7361.79	3913.82	0.47	-3470.30	0.54
Nouriture	40	135957.86	77669.83	44	118902.27	80406.56	17055.58	0.33	41	125260.98	210970.05	45	100933.33	45734.86	24327.64	0.45	-7272.06	0.85
Totale	40	241591.61	180650.68	44	252465.00	303802.75	-10873.39	0.84	41	209915.85	231384.73	45	205882.00	160401.77	4033.85	0.93	-14907.25	0.83
Nombre Année études CM	40	0.65	2.67	41	0.61	2.01	0.04	0.94	37	0.70	2.77	40	0.63	2.03	0.08	0.89	-0.04	0.96
Nombre Année études Epouse	40	0.43	1.60	44	0.16	0.81	0.27	0.33	41	0.42	1.58	45	0.16	0.80	0.26	0.33	0.01	0.99
Nombre idéal enfants par femme	37	8.62	2.23	41	8.90	2.59	-0.28	0.61	41	9.10	2.10	42	8.81	2.83	0.29	0.60	-0.57	0.46
Utilisation Contraception	40	0.13	0.34	44	0.14	0.35	-0.01	0.88	41	0.12	0.33	45	0.11	0.32	0.01	0.88	-0.02	0.83

Tableau 2. A 2 : Comparaison des caractéristiques des ménages chaque groupe de traitement et son groupe de contrôle (suite)

	FAIBLE TRANSMISSION (JUILLET)								FORTE TRANSMISSION (DECEMBRE)										
	Obs.	Moy.	ET.	Obs.	Moy.	ET.	Diff.	p-value	Obs.	Moy.	ET.	Obs.	Moy.	ET.	Diff.	(p-value)	diff-in-diff	p-value	
	MILD				Information						MILD				Information				
Utilisation Moustiquaire	44	0.9	0.3	46	0.8	0.4	0.08	0.252	44	0.8	0.4	42	0.8	0.4	-0.04	0.699	0.12	0.31	
Nbre personne ménage	45	13.4	4.5	47	12.0	6.7	1.40	0.245	45	13.7	4.4	43	12.2	6.9	1.43	0.245	-0.04	0.983	
Revenu ménage 3 DM																			
Volaille	45	3166.7	4079.7	47	3111.7	3742.0	55.0	0.946	46	4592.4	4334.6	44	3096.6	2940.7	1495.80	0.06	-1440.84	0.203	
Agricole	45	2430056.7	2205695.2	47	2129910.6	1562370.9	300146.0	0.452	46	1827168.6	1581548.8	44	1569794.3	1182724.2	257374.27	0.386	42771.76	0.931	
Bétaïls	45	391500.0	705856.2	47	270239.4	401363.3	121260.6	0.311	46	335679.3	475404.5	44	255937.5	433904.5	79741.85	0.409	41518.79	0.788	
Total	45	597516.8	694311.3	47	450984.6	454548.8	146532.2	0.232	46	492674.4	485901.0	44	390421.3	438269.1	102253.07	0.298	44279.16	0.778	
Dépense ménage 3 DM																			
Paludisme	45	1195.6	4330.7	47	3042.6	10603.4	-1847.0	0.281	46	615.2	1775.6	44	630.7	3382.8	-15.46	0.978	-1831.53	0.303	
Education	45	872.5	1640.4	47	1489.4	2420.2	-616.9	0.158	46	4756.5	6733.9	44	5945.5	15913.7	-1188.93	0.643	572.07	0.828	
Agricoe	45	13120.0	16271.5	47	26824.5	45231.5	-13704.5	0.058	46	28408.7	47976.5	44	25340.3	31161.4	3068.45	0.721	-16772.91	0.13	
Bétaïls	45	2216.7	6978.0	47	2655.3	5245.2	-438.7	0.733	46	1793.5	5171.6	44	688.6	1684.5	1104.84	0.18	-1543.49	0.312	
Nourriture	45	128210.0	98778.3	47	111622.3	95522.2	16587.7	0.415	46	86934.8	43664.8	44	111658.0	88909.0	-24723.17	0.095	41310.83	0.102	
Totale	45	194291.5	129015.6	47	199977.1	143722.5	-5685.6	0.842	46	188905.4	135566.1	44	210559.6	190361.9	-21654.13	0.534	15968.54	0.724	
Nombre Année études CM	45	0.6	1.9	47	1.8	3.9	-1.2	0.075	45	0.6	1.9	43	2.0	4.1	-1.33	0.051	0.17	0.859	
Nombre Année études Epouse	45	0.7	2.3	47	1.0	2.9	-0.4	0.518	46	0.7	2.2	44	1.1	3.0	-0.44	0.431	0.09	0.912	
Nombre idéal enfants par femme	40	9.2	2.8	46	8.2	2.5	1.0	0.073	46	9.3	2.1	41	9.3	2.4	-0.03	0.948	1.06	0.162	
Utilisation Contraception	45	0.1	0.3	47	0.1	0.3	-0.02	0.742	46	0.1	0.3	44	0.1	0.3	0.04	0.556	-0.06	0.506	
		Standard			MILD					Standard			MILD						
Utilisation Moustiquaire	40	0.88	0.34	46	0.83	0.38	0.05	0.533	41	0.71	0.46	42	0.79	0.42	-0.078	0.418	0.13	0.305	
Nbre personne ménage	40	14.68	7.31	47	11.96	6.70	2.72	0.074	37	14.78	7.58	43	12.23	6.86	2.551	0.118	0.17	0.94	
Revenu ménage 3 DM																			
Volaille	40	3437.50	6662.66	47	3111.70	3742.04	325.80	0.775	41	4207.32	4798.73	44	3096.59	2940.65	1110.726	0.198	-784.93	0.594	
Agricole	40	2425762.50	2016012.35	47	2129910.64	1562370.95	295851.86	0.443	41	1734651.22	1480221.04	44	1569794.32	1182724.20	164856.901	0.571	130994.96	0.789	
Bétaïls	40	343375.00	507732.55	47	270239.36	401363.33	73135.64	0.455	41	327317.07	472778.65	44	255937.50	433904.55	71379.573	0.47	1756.07	0.99	
Total	40	550376.56	529780.20	47	450984.57	454548.76	99391.99	0.349	41	476353.05	485469.48	44	390421.31	438269.09	85931.742	0.394	13460.25	0.927	
Dépense ménage 3 DM																			
Paludisme	40	3639.38	12721.12	47	3445.75	9082.54	193.63	0.934	41	2675.61	6493.72	44	1240.34	2887.66	1435.269	0.187	-1241.64	0.64	
Education	40	987.50	2497.40	47	3042.55	10603.44	-2055.05	0.235	41	1982.93	6795.55	44	630.68	3382.79	1352.245	0.244	-3407.30	0.088	
Agricoe	40	832.19	1495.32	47	1489.36	2420.25	-657.17	0.14	41	2989.02	6360.14	44	5945.46	15913.73	-2956.43	0.27	2299.26	0.384	
Bétaïls	40	38085.00	71350.83	47	26824.47	45231.53	11260.53	0.375	41	35524.39	105730.64	44	25340.25	31161.42	10184.14	0.543	1076.39	0.96	
Nourriture	40	1091.25	2248.59	47	2655.32	5245.24	-1564.07	0.083	41	5780.49	35101.33	44	688.64	1684.47	5091.851	0.339	-6655.92	0.232	
Totale	40	241591.61	180650.68	47	199977.13	143722.53	41614.48	0.235	41	209915.85	231384.73	44	210559.57	190361.88	-643.715	0.989	42258.19	0.469	
Nombre Année études CM	40	0.65	2.67	47	1.79	3.92	-1.14	0.124	37	0.70	2.77	43	1.95	4.06	-1.251	0.117	0.11	0.914	
Nombre Année études Epouse	40	0.43	1.60	47	1.04	2.90	-0.62	0.234	41	0.42	1.58	44	1.11	2.99	-0.699	0.186	0.08	0.909	
Nombre idéal enfants par femme	37	8.62	2.23	46	8.15	2.46	0.47	0.37	41	9.10	2.10	41	9.29	2.42	-0.195	0.697	0.67	0.356	
Utilisation Contraception	40	0.13	0.34	47	0.09	0.28	0.04	0.548	41	0.12	0.33	44	0.09	0.29	0.031	0.647	0.01	0.926	
		Standard			Information					Standard			Information						
Utilisation Moustiquaire	40	0.88	0.34	44	0.91	0.29	-0.03	0.619	41	0.71	0.46	44	0.75	0.438	-0.04	0.663	0.01	0.943	
Nbre personne ménage	40	14.68	7.31	45	13.36	4.48	1.32	0.313	37	14.78	7.58	45	13.67	4.442	1.12	0.408	0.20	0.917	
Revenu ménage 3 DM																			
Volaille	40	3437.50	6662.66	45	3166.67	4079.73	270.83	0.82	41	4207.32	4798.73	46	4592.39	4334.57	-385.07	0.695	655.91	0.676	
Agricole	40	2425762.50	2016012.35	45	2430056.67	2205695.22	-4294.17	0.993	41	1734651.22	1480221.04	46	1827168.59	1581548.793	-92517.37	0.78	88223.20	0.876	
Bétaïls	40	343375.00	507732.55	45	391500.00	705856.15	-48125.00	0.722	41	327317.07	472778.65	46	335679.35	475404.521	-8362.28	0.935	-39762.73	0.812	
Total	40	550376.56	529780.20	45	597516.81	694311.30	-47140.24	0.728	41	476353.05	485469.48	46	492674.38	485901.042	-16321.33	0.876	-30818.92	0.856	
Dépense ménage 3 DM																			
Paludisme	40	987.50	2497.40	45	1195.56	4330.70	-208.06	0.79	41	1982.93	6795.55	46	615.22	1775.634	1367.71	0.192	-1575.77	0.237	
Education	40	832.19	1495.32	45	872.50	1640.37	-40.31	0.906	41	2989.02	6360.14	46	4756.52	6733.941	-1767.50	0.213	1727.19	0.234	
Agricoe	40	38085.00	71350.83	45	13120.00	16271.52	24965.00	0.025	41	35524.39	105730.64	46	28408.70	47976.53	7115.70	0.682	17849.31	0.404	
Bétaïls	40	1091.25	2248.59	45	2216.67	6978.03	-1125.42	0.332	41	5780.49	35101.33	46	1793.48	5171.553	3987.01	0.448	-5112.43	0.366	
Nourriture	40	135957.86	77669.83	45	128210.00	98778.31	7747.86	0.691	41	125260.98	210970.05	46	86934.78	43664.764	38326.19	0.232	-30578.34	0.43	
Totale	40	241591.61	180650.68	45	194291.53	129015.65	47300.07	0.165	41	209915.85	231384.73	46	188905.44	135566.14	21010.42	0.602	26289.66	0.625	
Nombre Année études CM	40	0.65	2.67	45	0.62	1.91	0.03	0.956	37	0.70	2.77	45	0.62	1.91	0.08	0.877	-0.05	0.943	
Nombre Année études Epouse	40	0.43	1.60	45	0.69	2.27	-0.26	0.541	41	0.42	1.58	46	0.67	2.242	-0.26	0.539	-0.01	0.994	
Nombre idéal enfants par femme	37	8.62	2.23	40	9.18	2.76	-0.55	0.339	41	9.10	2.10	46	9.26	2.144	-0.16	0.721	-0.39	0.593	
Utilisation Contraception	40	0.13	0.34	45	0.09	0.25	0.06	0.364	41	0.12	0.33	46	0.13	0.341	-0.01	0.907	0.07	0.492	

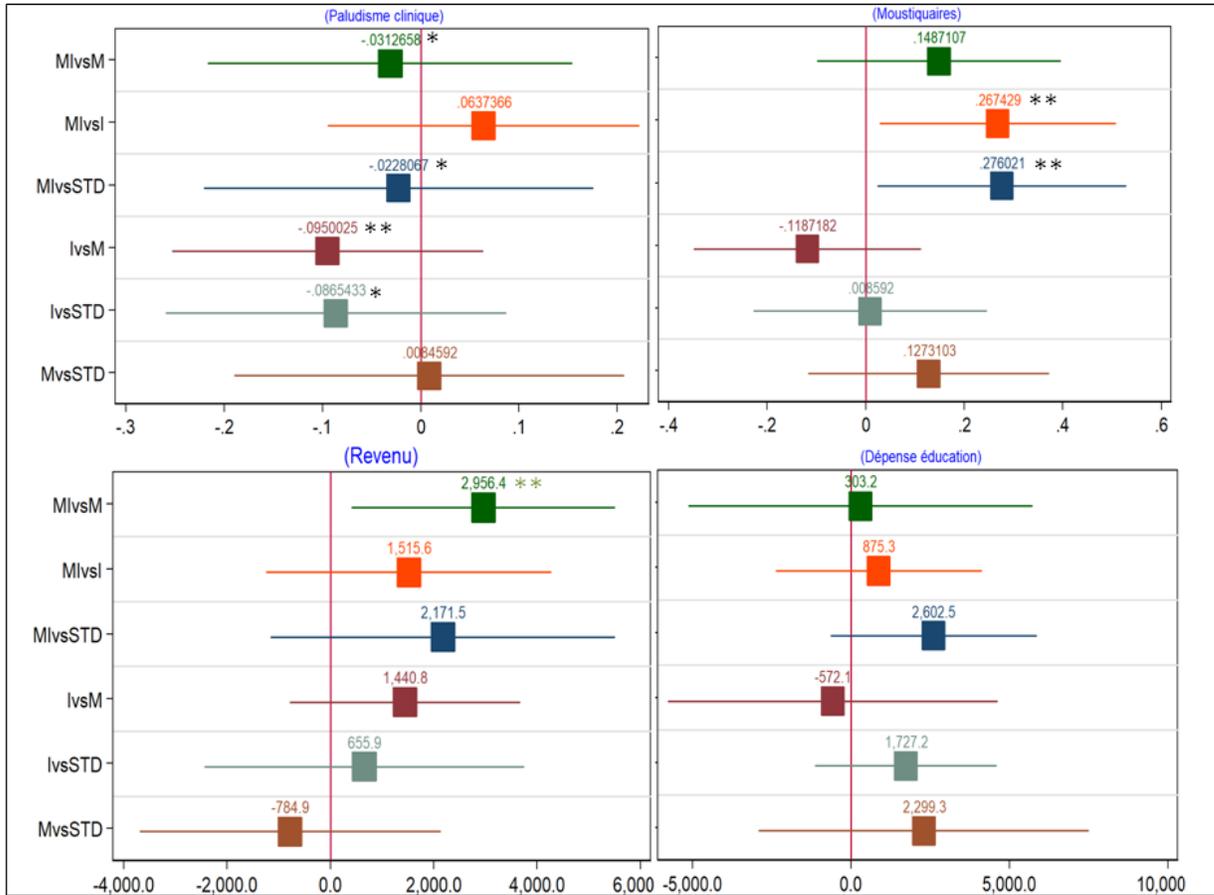


Figure 2. 1 : Coefficients des régressions simples de la différence-en-différence

Note: **MlvsM**: MILD-Information = MILD. **MlvsI**: MILD-Information = Information. **MlvsSTD**: MILD-Information = situation Standard. **lvsM**: Information = MILD. **lvsSTD**: Information = situation Standard. **MvsSTD**: MILD = situation Standard. * p-value < 0.1, ** p-value < 0.05; ***, p-value < 0.01.

Tableau 2. II : Effets des traitements sur le revenu et les dépenses d'éducation sans variables de contrôle (ITT)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Util MILD	Palu clinic‡	Revenu volaille	Dép Educ	Dép Palu
Post x MILD-Info vs. STD	0.276**	-0.0912*	2171	2602	-356.2
	(0.128)	(0.0493)	(1684)	(1641)	(1460)
MILD-Info vs. STD	-0.154*	0.00752	-170.5	147.4	-44.32
	(0.0872)	(0.0131)	(1192)	(375.8)	(746.8)
Post	-0.168*	0.199***	769.8	2157**	995.4
	(0.0893)	(0.0377)	(1292)	(1021)	(1132)
Observations	165	506	170	170	170
R-carré	0.029	0.086	0.047	0.122	0.008
Post x MILD-Info vs. MILD	0.149	-0.0961*	2956**	303.2	3051
	(0.125)	(0.0492)	(1289)	(2743)	(1872)
MILD-Info vs. MILD	-0.105	0.00199	155.3	-509.8	-2099
	(0.0894)	(0.0141)	(781.9)	(458.3)	(1672)
Post	-0.0404	0.204***	-15.11	4456*	-2412
	(0.0855)	(0.0376)	(703.3)	(2424)	(1629)
Observations	172	535	180	180	180
R-carré	0.012	0.09	0.087	0.062	0.021
Post x MILD-Info vs. Info	0.267**	0.00126	1516	875.3	1220
	(0.121)	(0.0447)	(1394)	(1642)	(1156)
MILD-Info vs. Info	-0.188**	-0.00613	100.4	107.1	-252.4
	(0.0819)	(0.0162)	(826.5)	(380.9)	(904.6)
Post	-0.159**	0.107***	1426	3884***	-580.3
	(0.0793)	(0.0315)	(882.3)	(1023)	(696.7)
Observations	172	528	180	180	180
R-carré	0.034	0.044	0.066	0.137	0.009
Post x Info vs. MILD	-0.119	-0.0974**	1441	-572.1	1832
	(0.117)	(0.0491)	(1128)	(2631)	(1772)
Info vs. MILD	0.083	0.00812	54.96	-616.9	-1847
	(0.0715)	(0.0153)	(817.3)	(429.5)	(1676)
Post	-0.0404	0.204***	-15.11	4456*	-2412
	(0.0854)	(0.0376)	(703.2)	(2424)	(1629)
Observations	176	555	182	182	182
R-carré	0.024	0.084	0.028	0.058	0.027
Post x Info vs. STD	0.00859	-0.0924*	655.9	1727	-1576
	(0.119)	(0.0492)	(1565)	(1445)	(1329)
Info vs. STD	0.0341	0.0136	-270.8	40.31	208.1
	(0.0687)	(0.0144)	(1216)	(340.1)	(756.9)
Post	-0.168*	0.199***	769.8	2157**	995.4
	(0.0893)	(0.0377)	(1292)	(1020)	(1132)
Observations	169	526	172	172	172
R-carré	0.046	0.081	0.014	0.109	0.014
Post x MILD vs. STD	0.127	0.00492	-784.9	2299	-3407*
	(0.124)	(0.0533)	(1471)	(2632)	(1984)
MILD vs. STD	-0.0489	0.00552	-325.8	657.2	2055
	(0.0775)	(0.012)	(1186)	(425.1)	(1598)
Post	-0.168*	0.199***	769.8	2157**	995.4
	(0.0893)	(0.0377)	(1292)	(1020)	(1132)
Observations	169	533	172	172	172
R-carré	0.023	0.108	0.009	0.05	0.02

Notes: MILD moustiquaire imprégnée d'insecticide à longue durée d'action; Info: Informatio. CM: chef de ménage
 STD: Situation standard; les écarts-types sont entre parenthèse. ‡: écarts-types regroupés au niveau ménage.

Tableau 2. III : Effets du paludisme sur le revenu et l'investissement scolaire avec variables de contrôle (ITT)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Util MILD	Palu clinic‡	Revenu	Dép Educ	Dép Palu
Post x MILD-Info vs. STD	0.307**	-0.0912*	3194**	2863*	-625.9
	(0.133)	(0.049)	(1612)	(1679)	(1552)
MILD-Info vs. STD	-0.162*	0.00752	-78.91	267.2	-86.15
	(0.0905)	(0.0132)	(1147)	(460.9)	(736.6)
Post	-0.174*	0.199***	434.2	2058*	1078
	(0.093)	(0.0339)	(1173)	(1047)	(1294)
Nbre Année Etude CM	0.0137*	Non	-132	86.85	489
	(0.00825)	-	(153.5)	(117.7)	(366.7)
Nbre année étude épouse	0.0136	Non	789.1	-161.1	-277.3
	(0.0198)	-	(526.4)	(221.3)	(205.2)
Nbre personne ménage	0.00187	Non	93.17	157.6*	-56.34*
	(0.00421)	-	(59.59)	(91.02)	(28.63)
Observations	155	506	158	158	158
R-carré	0.046	0.086	0.136	0.184	0.071
Post x MILD-Info vs. MILI	0.174	-0.0961*	3659***	387.1	2867
	(0.126)	(0.0512)	(1299)	(2795)	(1874)
MILD-Info vs. MILI	-0.147	0.00199	275.1	-303.3	-2059
	(0.0922)	(0.0135)	(697.2)	(718)	(1777)
Post	-0.0452	0.204***	-34.23	4528*	-2408
	(0.0842)	(0.037)	(673.1)	(2460)	(1651)
Nbre Année Etude CM	-0.0121	Non	-107.1	61.17	336.3
	(0.0124)	-	(138.9)	(177.4)	(260.2)
Nbre année étude épouse	0.00438	Non	578.5**	331.6	-478.5**
	(0.0155)	-	(257.5)	(480.6)	(235.8)
Nbre personne ménage	0.0114***	Non	33.55	87.14	4.37
	(0.00324)	-	(56.19)	(-76.65)	(26.21)
Observations	165	535	171	171	171
R-carré	0.067	0.09	0.188	0.082	0.044
Post x MILD-Info vs. Info	0.298**	0.00126	2304	979.4	1135
	(0.125)	(0.0477)	(1424)	(1679)	(1064)
MILD-Info vs. Info	-0.206**	-0.00613	122.6	80.48	-484.9
	(0.0852)	(0.0157)	(753.5)	(465.6)	(845.5)
Post	-0.167**	0.107***	1324	3940***	-687.7
	(0.0816)	(0.032)	(888.6)	(1041)	(739)
Nbre Année Etude CM	0.000341	Non	-146.1	111.1	944.7**
	(0.019)	-	(250.4)	(171.3)	(437.8)
Nbre année étude épouse	-0.00569	Non	474.7	44.22	-624.2**
	(0.022)	-	(352.6000)	(219.3)	(273.3)
Nbre personne ménage	0.00515	Non	74.4	158.4*	-39.66
	(0.00369)	-	(67.8)	(81.75)	(32.17)
Observations	165	528	171	171	171
R-carré	0.048	0.044	0.124	0.184	0.197
Post x Info vs. MILD	-0.119	-0.0974**	1362	-583.3	1678
	(0.117)	(0.0489)	(1108)	(2673)	(1773)
Info vs. MILD	0.0601	0.00812	86.71	-616	-1895
	(0.0707)	(0.0143)	(831.3)	(515.7)	(1719)
Post	-0.0446	0.204***	-25.34	4558*	-2364
	(0.0843)	(0.037)	(669.2)	(2461)	(1624)
Nbre Année Etude CM	-0.018	Non	-47.12	-31.5	-62.25
	(0.0118)	-	(126.5)	(201.4)	(95.01)
Nbre année étude épouse	0.016	Non	381.3*	291.7	-107.1*
	(0.0124)	-	(212.8)	(293.9)	(63.77)
Nbre personne ménage	0.00589	Non	34.49	46.9	-44.77
	(0.00502)	-	(51.88)	(79.2)	(50.39)
Observations	174	555	180	180	180
R-carré	0.048	0.084	0.088	0.069	0.035
Post x Info vs. STD	0.0106	-0.0924*	861.7	1884	-1773
	(0.122)	(0.0466)	(1461)	(1486)	(1408)
Info vs. STD	0.0201	0.0136	-191.3	229.2	87.96
	(0.0664)	(0.0139)	(1176)	(403.4)	(742.2)
Post	-0.172*	0.199***	442	2062**	1106
	(0.092)	(0.0339)	(1164)	(1040)	(1237)
Nbre Année Etude CM	0.008	Non	-114.2	-46.18	-67.06
	(0.0094)	-	(156.4)	(113.2)	(51.99)
Nbre année étude épouse	0.00993	Non	386.6	-6.689	-78.25
	(0.0149)	-	(296.3)	(180.5)	(54.7)
Nbre personne ménage	-0.00823	Non	140.0**	142.8	-105.3**
	(0.00583)	-	(59.09)	(108.7)	(48.33)
Observations	164	526	167	167	167
R-carré	0.068	0.081	0.066	0.146	0.043
Post x MILD vs. STD	0.126	0.00492	-484.5	2492	-3460*
	(0.127)	(0.0502)	(1354)	(2695)	(2049)
MILD vs. STD	-0.0447	0.00552	-307.4	654.5	2059
	(0.0754)	(0.0114)	(1129)	(633.9)	(1630)
Post	-0.173*	0.199***	444.1	2058*	1102
	(0.0942)	(0.0339)	(1172)	(1063)	(1238)
Nbre Année Etude CM	-0.00802	Non	-79.74	10.54	-93.79
	(0.00974)	-	(111.9)	(149.1)	(69.35)
Nbre année étude épouse	0.0177	Non	465.6**	263.8	-81.11
	(0.0125)	-	(230.7)	(401.3)	(72.37)
Nbre personne ménage	0.00237	Non	79.19	63.39	-56.3
	(0.00538)	-	(48.14)	(94.33)	(42.18)
Observations	164	533	167	167	167
R-carré	0.036	0.108	0.091	0.062	0.029

Note: MILD moustiquaire imprégnée d'insecticide à longue durée d'action; Info: Informatio. CM: chef de ménage; STD: Situation standard; écarts-types sont entre parenthèses. ‡ écarts-types sont regroupés au niveau ménage.

Tableau 2. IV : Effets du paludisme sur le revenu et investissement scolaire sans variables de contrôle (LATE)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Util MILD	Palu clinic‡	Revenu	Dép Educ	Dép Palu
MILD-Info vs. STD	-0.043	-0.0154	1,298	2,090*	-247
	(0.082)	(0.066)	(1134)	(1087)	(966)
Post	-0.0381	0.169***	1,934**	3,647***	822.5
	(0.0643)	(0.048)	(858)	(834)	(722)
Observations	162	153	166	166	166
R-carré	-	0.074	0.036	0.141	0.014
MILD-Info vs. MILD	-0.0521	-0.324	2,267**	-302.8	-785.9
	(0.0833)	(0.279)	(894)	(1806)	(1299)
Post	0.0324	0.120***	1,479**	4,719***	-911.3
	(0.0628)	(0.040)	(658)	(1378)	(957)
Observations	170	169	177	177	177
R-carré	-	-	0.064	0.062	0.016
MILD-Info vs. Info	0.375	0.0503	-5,569	-4082	-2,526
	(0.41)	(0.243)	(4438)	(5274)	(3174)
Post	-0.027	0.109***	2,136***	4,385***	10.94
	(0.0623)	(0.024)	(761)	(869)	(564)
Observations	170	526	177	177	177
R-carré	-	0.04	-	0.02	0.028
Info vs MILD	0.0276	-0.0737*	841.5	-986.5	-1,032
	(0.0631)	(0.042)	(612)	(1411)	(973)
Post	-0.0998*	0.141***	704.4	4,171***	-1,494*
	(0.0577)	(0.041)	(558)	(1302)	(878)
Observations	176	178	182	182	182
R-carré	0.02	0.068	0.03	0.059	0.02
Info vs. STD	0.0317	-0.0727	55.28	974.3	-651.2
	(0.0644)	(0.049)	(834)	(782)	(717)
Post	-	0.132***	1,108	3,065***	-
	-	(0.038)	(765)	(720)	-
Observations	168	160	171	171	171
R-carré	0.004	0.072	0.012	0.098	0.002
MILD vs. STD	0.276	0.882	-33,691	83,177	13,012
	(2.677)	(2.271)	(43307)	(85883)	(45740)
Post	-0.112*	0.526***	366.6	3,307*	-840.9
	(0.061)	(0.042)	(970)	(1937)	(1068)
Observations	168	164	171	171	171
R-carré	0.022	0.429	-	-	-

Notes: MILD moustiquaire imprégnée d'insecticide à longue durée d'action; Info: Information. CM: chef de ménage
 STD: Situation standard; écarts-types sont entre parenthèse. ‡écart-types du ménage; Instrument est Assignment aléatoire

Tableau 2. V : Effets du paludisme sur le revenu et investissement scolaire avec des variables de contrôle (LATE)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Util MILD	Palu clinic‡	Revenu	Dép Educ	Dép Palu
MILD-Info vs. STD	-0.036	-0.0154	1849*	2137**	-464.1
	(0.082)	(0.066)	(1042.0)	(1016.0)	(943.7)
Post	-0.0294	0.169***	2044**	3583***	751.9
	(0.067)	(0.048)	(824.7)	(841.6)	(755.7)
Nbre Année Etude CM	0.0117	Non	-83.25	141.5	474.8
	(0.008)	-	(161.5)	(129.0)	(362.3)
Nbre année étude épouse	0.0132	Non	768.6	-183	-272.6
	(0.020)	-	(552.9)	(221.2)	(198.3)
Nbre personne ménage	0.00211	Non	80.04	140.5	-54.99**
	(0.004)	-	(59.4)	(89.7)	(27.5)
Observations	152	153	155	155	155
R-carré	0.009	0.074	0.09	0.182	0.079
MILD-Info vs. MILD	-0.0922	-0.324	2714***	-51.78	-842.5
	(0.086)	(0.279)	(912)	(1474.0)	(1397.0)
Post	0.0386	0.120***	1666**	4769***	-1061
	(0.063)	(0.040)	(658.4)	(1420)	(959.1)
Nbre Année Etude CM	-0.015	non	-22.93	56.48	305.9
	(0.012)	-	(151.7)	(185.4)	(278.6)
Nbre année étude épouse	0.00799	Non	460.5*	337.6	-441.7*
	(0.015)	-	(266.4)	(490.6)	(244.3)
Nbre personne ménage	0.0124***	Non	10.92	84	8.681
	(0.004)	-	(58.98)	(74.4)	(24.6)
Observations	163	169	169	169	169
R-carré	0.051	-	0.106	0.082	0.04
MILD-Info vs. Info	0.687	0.0503	-9657	-4741	-814.1
	(0.562)	(0.243)	(6335.0)	(6627.0)	(3619.0)
Post	-0.0342	0.109***	2358***	4444***	-153.4
	(0.066)	(0.024)	(832.3)	(869.5)	(521.2)
Nbre Année Etude CM	0.0305	non	-662.8	-146.6	899.7**
	(0.035)	-	(478.1)	(419.6)	(406.4)
Nbre année étude épouse	-0.00432	Non	524.3	69.66	-619.3**
	(0.023)	-	(433.4)	(246.6)	(262.3)
Nbre personne ménage	0.00158	Non	131.9	183.6*	-36.64
	(0.004)	-	(82.8)	(99.9)	(42.6)
Observations	163	526	169	169	169
R-carré	-	0.04	-	0.07	0.202
Info vs. MILD	0.00334	-0.0737*	838.9	-1008	-1208
	(0.063)	(0.042)	(676.8)	(1333.0)	(1055.0)
Post	-0.104*	0.141***	655.4	4268***	-1523*
	(0.058)	(0.041)	(545.5)	(1311.0)	(860.0)
Nbre Année Etude CM	-0.018	Non	-34.05	-48.27	-84.79
	(0.012)	-	(130.1)	(193.2)	(107.3)
Nbre année étude épouse	0.0163	Non	368.5*	306.8	-89.48
	(0.012)	-	(208.1)	(293.8)	(64.5)
Nbre personne ménage	0.00583	Non	33.04	48.79	-42.16
	(0.005)	-	(51.8)	(76.7)	(48.6)
Observations	174	178	180	180	180
R-carré	0.042	0.068	0.089	0.07	0.029
Info vs. STD	0.0137	-0.0727	245.7	1236*	-864.5
	(0.063)	(0.049)	(785.7)	(708.8)	(764.1)
Post	-0.177***	0.132***	905.2	3078***	128.2
	(0.059)	(0.038)	(711.5)	(721.9)	(668.2)
Nbre Année Etude CM	0.00763	Non	-113	-38.23	-73.36
	(0.009)	-	(154.1)	(115.6)	(49.5)
Nbre année étude épouse	0.00987	Non	390.5	14.02	-93.09*
	(0.015)	-	(290.7)	(179.4)	(55.9)
Nbre personne ménage	-0.00875	Non	140.9**	146.9	-109.3**
	(0.006)	-	(57.4)	(104.6)	(48.8)
Observations	163	160	166	166	166
R-carré	0.077	0.072	0.065	0.133	0.032
MILD vs. STD	0.226	0.882	-20895	70864	12612
	(2.212)	(2.271)	(29286.0)	(59643.0)	(41195.0)
Post	-0.00559	0.526***	-319.5	823.4	49.13
	(0.027)	(0.042)	(329.8)	(579.4)	(446.4)
Nbre Année Etude CM	0.0123	Non	981	-1484	-391.6
	(0.058)	-	(703.7)	(1054.0)	(1042.0)
Nbre année étude épouse	0.00148	Non	129.4*	-107.6	-89.02
	(0.007)	-	(71.3)	(161.8)	(106.8)
Nbre personne ménage	-0.116*	Non	183.1	3377*	-792.4
	(0.062)	-	(723.1)	(1785.0)	(1065.0)
Observations	163	164	166	166	166
R-carré	0.03	0.429	-	-	-

Notes: MILD moustiquaire imprégnée d'insecticide à longue durée d'action; Info: Information. CM: chef de ménage
 STD: Situation standard; écarts-types sont entre parenthèse. ‡écart-types du ménage; Instrument est Assignment aléa

**Chapitre 3 : RAPPELS, APPRENTISSAGE ET SOINS PREVENTIFS :
ETUDE CONTROLEE RANDOMISEE AU BURKINA FASO**

Introduction

L'adoption de bonnes pratiques préventives en matière de santé exige souvent un effort immédiat important pour un bénéfice limité ou non immédiat et des récompenses différées incertaines. Il a été démontré que le fait de fournir de l'information et en particulier des rappels est un moyen efficace de prévenir les mauvais choix de santé (Altmann and Traxler 2014; Busso, Cristia, and Humpage 2015; Calzolari and Nardotto 2017; Gibson et al. 2017; Wisdom, Downs, and Loewenstein 2010). En effet, de nombreuses technologies sont connues pour être des moyens efficaces et bon marché de promouvoir la santé, comme les moustiquaires pour le paludisme mais, même lorsque les contraintes de liquidité sont allégées,⁸ l'adoption de produits de santé à haut rendement reste souvent limitée (Dupas and Miguel 2017). Du point de vue de la politique publique, l'objectif principal de l'information par le biais de rappels est de faire en sorte que les gens reconsidèrent l'arbitrage entre les coûts et les bénéfices d'une décision en faveur des meilleures pratiques. Il s'agit également de compenser l'attention limitée accordée aux actions préventives et aux risques d'infection. Plusieurs mécanismes peuvent influencer sur ce rapport coûts-bénéfices. Les psychologues et les économistes ont souligné que les rappels peuvent motiver les gens à réévaluer leurs décisions antérieures (comme l'utilisation d'une moustiquaire) et à prendre des mesures (comme l'utilisation continue au fil du temps). Basé sur une motivation intrinsèque, cela peut affecter positivement leur propre image de soi (Benabou and Tirole 2003). Les incitations financières sont plutôt basées sur une motivation extrinsèque et peuvent avoir un impact négatif sur leur image de soi. Il est cependant, souvent avancé que les rappels de technologies ou de produits à haut rendement à court terme pourraient être préjudiciables à leur adoption à long terme en raison de la lassitude, des comportements d'évitement ou de la diminution de l'autonomie (Damgaard and Gravert 2018). Cet effet négatif pourrait être contrebalancé par de simples rappels qui pourraient valoriser les qualités intrinsèques du produit, accroître l'attention portée à l'opportunité d'investissement, stimuler et ancrer les bonnes habitudes sur le long terme (Calzolari and Nardotto 2017). Un autre aspect potentiellement positif des rappels qui n'a pas encore été systématiquement exploré est de savoir s'ils peuvent favoriser l'apprentissage par la pratique et l'apprentissage social de la technologie.

⁸Cohen et Dupas (2008) ; Dupas (2014a,b) ou Charness et Gneezy (2009) ont montré à quel point les incitatifs monétaires peuvent être efficaces.

Une autre question cruciale est de savoir si plus d'information est toujours bénéfique. La plupart des produits de prévention sanitaire, tels que les vaccins ou les moustiquaires imprégnées d'insecticide génèrent des externalités positives. Pour un décideur qui fait un choix dans l'incertitude, un meilleur accès à l'information devrait lui permettre de prendre des mesures mieux adaptées aux circonstances. Si le choix de l'action se fait isolément des autres, plus d'information est généralement bénéfique, quel que soit le type d'information fourni. Cependant, en présence d'une complémentarité stratégique entre les actions et des externalités, l'effet de l'information publique peut être atténuée par des sources d'information indépendantes (privées) et l'effet final sur le bien-être est ambigu (James and Lawler 2011; Morris and Shin 2002).

Enfin, plusieurs questions simples mais importantes n'ont pas encore trouvé de réponse complète : la meilleure façon de diffuser l'information n'est pas toujours claire pour les décideurs. Devraient-ils utiliser de l'information générique ou personnalisée ? L'information générique devrait-elle porter sur une seule maladie ou sur des messages généraux de santé publique ? Ces messages devraient-ils être fournis à haute ou basse fréquence ? Doivent-ils être administrés uniquement pendant la saison de transmission – comme un traitement préventif intermittent - ou tout au long de l'année ?

Dans ce chapitre, nous sommes en mesure de répondre à certaines de ces questions pratiques et fondamentales. Les téléphones mobiles ont le potentiel de privatiser l'information publique donnée par un planificateur social ou un décideur politique. Les messages peuvent transmettre des informations fondamentales et servir de point focal pour les croyances (tout comme l'information publique) et peuvent être distribués à un individu ou à un groupe d'individus de façon indépendante. Les agents peuvent également choisir la quantité d'information qu'ils sont prêts à recevoir. Nous examinons donc, si les comportements de protection de la santé peuvent être améliorés en fournissant des rappels aux individus. Il s'agit à la fois d'un nudge (un coup de pouce) et d'une forme d'information. Raifman et al. (2014) ont montré, par exemple, qu'un simple rappel par SMS peut accroître l'observance du traitement antipaludique, mais que les informations supplémentaires incluses dans les messages n'ont pas un impact significatif sur l'achèvement du traitement avec les combinaisons à base d'artémisinine (Raifman et al. 2014). Toutefois, il n'existe à ce jour aucune preuve rigoureuse quant à la combinaison du contenu et de la quantité d'informations qui devraient être fournies. En d'autres termes, bien que nous sachions

que les tentatives visant à persuader les personnes au moyen de simples messages génériques de santé publique sont courantes, nous savons peu de choses sur la façon dont le contenu et la quantité de ces messages influencent les choix, et dans quelle mesure. De plus, la question de savoir si les messages vocaux pourraient être plus efficaces que les messages textes n'a pas encore été explorée, en particulier dans les milieux à faible revenu où les taux d'alphabétisation sont faibles. Pour éclairer ce débat, nous avons mené une expérience de terrain liée à la lutte contre le paludisme au Burkina-Faso. Avant de décrire en détail notre expérimentation, rappelons le contexte.

Le paludisme reste un problème majeur de santé publique. Entre 2015 et 2016, les taux de mortalité liés au paludisme ont stagné dans la région africaine de l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2017), ce qui donne à penser que les efforts récents ont peut-être atteint un tournant ou que les stratégies actuelles ne sont pas « soutenables » ou « durables » (Maskin et al. 2018).⁹ De plus, avec 54 % de la population protégée par des MII en 2016, la proportion de personnes dormant sous des moustiquaires reste insuffisante malgré les campagnes de distribution massive (OMS, 2017).¹⁰ Avec une maladie coûteuse, les organisations non gouvernementales, les organismes gouvernementaux et les responsables des politiques publiques ont utilisé divers outils de marketing social pour influencer les perceptions, attitudes et comportements à risque. Bien entendu, l'utilisation de campagnes de marketing - les campagnes publicitaires pour promouvoir la possession et l'utilisation des moustiquaires lorsqu'elles doivent être achetées - n'est pas nouvelle (Armstrong Schellenberg et al. 2001; Kikumbih et al. 2005). Cependant, la plupart de ces études ont été réalisées lorsque la distribution gratuite n'était pas généralisée. Entre 2014 et 2016, un total de 505 millions de moustiquaires imprégnées d'insecticides, une technologie très efficace lorsqu'elle est largement adoptée, comme nous l'avons indiqué dans les chapitres précédents, ont été fournies en Afrique subsaharienne, contre 301 millions de moustiquaires au cours des trois années précédentes (2011-2013). Les données des programmes nationaux de lutte contre le paludisme (PNLP) en Afrique indiquent qu'entre 2014 et 2016, 75 % des MII ont été distribuées gratuitement dans le cadre de campagnes de distribution massive.

⁹ En 2016, on estime à 216 millions le nombre de cas de paludisme dans le monde. La plupart des cas de paludisme se sont produits dans la Région africaine de l'OMS (90%), où le paludisme aurait fait 405 000 décès en 2016, contre environ 600 000 en 2010 (OMS, 2017).

¹⁰ Le nombre de propriétaires de ménage d'au moins un ITN est passé de 50% en 2010 à 80% en 2016.

Notre étude s'inscrit donc, dans le cadre des campagnes de distribution gratuite au Burkina Faso de 2013 à 2017. Les MII / MILD sont distribuées gratuitement depuis 2007 au Burkina Faso et on estime à 27 000 le nombre de décès en 2016. Notre dispositif expérimental nous permet d'étudier les effets du contenu, de la fréquence et du type d'informations sur les décisions préventives. Dans une expérience randomisée en deux phases, nous fournissons des rappels par une plateforme de téléphonie mobile avec différentes fréquences (1 ou 3 par semaine pendant la saison des pluies pendant 4 mois), différents contenus (ciblés sur le paludisme ou des messages de santé publique généraux) et différents supports (texto et suivis de messages vocaux). Les différents bras ont été randomisés de manière croisée, ce qui permet de mieux comprendre l'efficacité des interactions de ces interventions. La technologie de santé évaluée ici est la moustiquaire et nous testons l'utilisation et l'adoption des moustiquaires après la distribution gratuite. La présence d'externalités est traitée en utilisant les coordonnées GPS de tous les ménages de l'échantillon et nous sommes en mesure de tester les interactions stratégiques en exploitant la nature spécifique des messages vocaux. Les informations fournies dans l'expérience de santé mobile sont informatives mais génériques en ce qui concerne les caractéristiques des ménages. Inversement, les résultats des tests de diagnostic du paludisme (TDR) communiqués à mi-parcours à tous les ménages fournissent une forme d'information personnalisée.

Notre approche à l'échelle microéconomique s'inscrit dans le cadre d'un travail plus vaste en économie, en gestion et en marketing qui porte sur l'impact de l'information sur les comportements. Bertrand et al. (2010) constatent que le contenu publicitaire répond de façon significative à la demande et que l'ampleur du contenu publicitaire est importante par rapport à la sensibilité au prix (Bertrand et al. 2010). Cependant, les données empiriques sur les campagnes publicitaires classiques montrent que la plupart des publicités contiennent peu d'informations directes. Un nombre croissant de littérature en économie étudie également le rôle de l'information sur la santé afin d'augmenter la conscience par rapport aux besoins en matière de soins préventifs, d'améliorer l'adoption et de maintenir une utilisation équitable (Aizer and Stroud 2010; Busso, Cristia, and Humpage 2015; Cohen and Saran 2018; Goldzahl, Hollard, and Jusot 2018). La littérature sur le marketing s'est bien sûr concentrée sur la façon dont l'information peut être façonnée et dont l'efficacité des thèmes de messages peut être maximisée (Chandy et al. 2001; Cox, Cox, and Mantel 2010; Murdock and Rajagopal 2017; Pechmann et al. 2003). Mais le nombre d'études de terrain sur les soins préventifs reste limité. Du point de vue de

la gestion, la plupart des gestionnaires de soins de santé et des médecins participent à la sélection et à l'utilisation de l'information. Ils devraient donc bénéficier d'une meilleure compréhension du rôle joué par les facteurs qui déterminent l'utilité de l'information, ainsi que des modifications dans la conception de l'information pour répondre aux conditions environnementales et technologiques changeantes (Hilton 1981; Negoescu et al. 2018).

Le document procède comme suit. Tout d'abord, nous montrons que l'utilisation de moustiquaires diminue deux ans et demi après une campagne de distribution gratuite menée au Burkina Faso en juillet 2013 à l'aide de deux enquêtes transversales.¹¹ Cette baisse est significative et conséquente : la possession de moustiquaires a diminué de 13 points de pourcentage et leur utilisation par les propriétaires a diminué de 20 points de pourcentage. L'adoption a diminué de 27 points de pourcentage. Ce résultat suggère que la distribution gratuite seule n'est pas durable. Deuxièmement, le projet a distribué de nouvelles moustiquaires à tous les ménages en juin 2016. Dans le contexte de la distribution gratuite, l'effet des rappels n'a pas été testé pour améliorer l'utilisation des moustiquaires. En utilisant les données à haute fréquence des enregistreurs de mouvement - une nouvelle mesure de l'utilisation des moustiquaires - sur un sous-échantillon de ménages, nous commençons par la Phase 1 de l'essai randomisé qui a consisté à envoyer des messages texte sur le paludisme et les groupes témoins ont reçu des messages de santé publique ou pas message du tout pour améliorer l'utilisation de la moustiquaire¹². Nous vérifions l'impact du contenu sur l'utilisation objective quotidienne. Nous constatons que les messages génériques sur le paludisme ont un effet fort et cohérent sur les mesures objectives de l'utilisation des moustiquaires. L'effet moyen du traitement est d'environ 18 points de pourcentage sur la probabilité d'utilisation quotidienne. Cependant, les différents messages sur le paludisme ont un effet similaire. Comme cette analyse a été effectuée sur un sous-échantillon aléatoire de ménages, nous essayons ensuite de généraliser ce résultat à un plus grand nombre de ménages dans des conditions classiques en utilisant l'utilisation déclarative des moustiquaires. Nous examinons donc l'effet des messages texte génériques et appels téléphoniques automatisés sur l'utilisation déclarative des moustiquaires pendant les phases 1 et

¹¹ Environ les deux tiers de l'échantillon sont communs aux deux enquêtes et une analyse des données de panel sur ce sous-échantillon fournit des résultats similaires.

¹² Il a été démontré que l'utilisation déclarative des moustiquaires la veille de l'entrevue était exacte par rapport à des mesures objectives utilisant des appareils enregistreurs de données semblables. Veuillez vous reporter à la section 2.

2. Nous constatons que la fréquence et le contenu sont importants lorsque l'utilisation déclarative est le résultat d'intérêt. L'effet combiné de la fréquence et du contenu est estimé à environ 5 points de pourcentage. Dans un milieu où les niveaux de couverture de base en moustiquaire de lit sont élevés en début de période, ce résultat est très encourageant. Comme, les appels nous permettent de dissocier ceux qui écoutent le message, nous analysons les comportements d'évitement et les effets du traitement sur les « compliers », en utilisant une approche en LATE décrite au chapitre 2.

Les messages étaient génériques. Dans une troisième étape, nous avons donc fourni des informations personnalisées, qui sont basées sur les TDR, informations données juste après la phase intermédiaire de l'expérimentation, ainsi nous sommes en mesure de montrer que l'apprentissage par la pratique est une partie importante du processus d'adoption. Cependant, les effets des pairs étaient faibles. En d'autres termes, l'apprentissage social ne semble pas être un mécanisme crédible qui pourrait soutenir un niveau élevé du taux de participation dans ce contexte en l'absence de subventions continues. Enfin, nous testons l'existence d'une complémentarité stratégique et l'absence de preuve de complémentarité stratégique dans ce contexte.

Le reste du document est organisé comme suit. La section 1 décrit l'expérience. La section 2 fournit les détails de la stratégie d'estimation et décrit les résultats. Enfin, la section 3 conclut et décrit les principales implications politiques. Notez que j'ai supervisé la totalité de l'étude de terrain ayant conduit à la réalisation de ce chapitre. Cette étude a impliqué une équipe de quinze enquêteurs sur place ainsi que des techniques d'enquêtes sur Smartphone. L'analyse a été faite en concertation avec le projet ANR-Panic, en particulier Eve Miguel, Benjamin Roche et Josselin Thuilliez. Il s'agit donc d'une étude pluridisciplinaire.

3.1. Expérience randomisée

3.1.1. Motivation : la distribution gratuite de moustiquaires est-elle durable à elle seule ?

L'étude a eu lieu dans quatre quartiers de Bobo Dioulasso (Annexe Figure 3.A1), une ville du Burkina Faso avec une population d'environ 537 728 habitants (en 2012). Bobo-Dioulasso est la deuxième plus grande ville du pays, après Ouagadougou, la capitale du Burkina Faso. En juillet 2013, le Programme national de lutte contre le paludisme a lancé une campagne de distribution de moustiquaires imprégnées d'insecticide à longue durée (MILD) à Bobo-Dioulasso. Les MILD de marque Olyset[®] (perméthrine incorporée dans du polyéthylène ; Sumitomo Chemical Co., Ltd, Osaka, Japon) ont été reçues gratuitement du gouvernement lors ce programme de distribution de masse. Juste après cette campagne distribution gratuite, en novembre 2013, une première enquête transversale a eu lieu à Bobo-Dioulasso pour recueillir des informations sur l'utilisation des moustiquaires. Les ménages participants ont été échantillonnés selon une stratégie d'échantillonnage aléatoire en deux étapes dans les quartiers de la ville de Bobo-Dioulasso.

Une nouvelle enquête transversale a été réalisée en juin 2016. Bien que conçue comme une enquête transversale répétitive, la stratégie d'échantillonnage a été exactement la même en juin 2016 qu'en novembre 2013 et environ deux tiers des ménages sont communs aux deux enquêtes. Ces deux enquêtes, bien qu'il ne s'agisse pas d'un panel d'individus, restent comparables et constituent une source d'information utile pour illustrer le déclin de l'utilisation des moustiquaires en l'absence de toute nouvelle distribution gratuite pendant la période. Ce fait stylisé, présenté à la figure 1, constitue le point de départ de notre expérience. Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, cette baisse a été brusque. En seulement deux ans, la possession de moustiquaires de lit a diminué de 13 points de pourcentage et leur utilisation par les propriétaires a diminué de 20 points de pourcentage. L'adoption a diminué de 27 points de pourcentage. Ce résultat suggère que la distribution gratuite à elle seule n'est pas durable, conformément aux études antérieures qui ont montré que sans financement externe continu, l'adoption à long terme est hors de portée (Kremer and Miguel 2007). Plusieurs explications ont

été proposées dans la littérature. Entre autres explications, la dépréciation des pratiques est souvent rapide, même dans des contextes où les impacts directs à court terme du programme ont été positifs. L'évaluation privée peut être faible et les taux de participation peuvent chuter à mesure qu'un plus grand nombre de personnes soient exposées à la lutte contre la maladie grâce à leurs réseaux sociaux. Un diagnostic erroné peut limiter considérablement l'évolution ascendante des croyances par l'apprentissage, de sorte qu'une subvention initiale peut ne pas être suffisante pour générer une adoption soutenue.

Ces résultats suggèrent que des subventions continues sont nécessaires pour contrôler les maladies caractérisées par d'importantes externalités positives du traitement, comme le paludisme. Cependant, dans le contexte actuel de diminution de l'aide internationale à la santé, c'est une utopie (Maskin et al. 2019). D'autres solutions devraient être trouvées pour compléter les subventions temporaires, car l'augmentation du financement international n'est pas réaliste et les recettes fiscales provenant des gouvernements nationaux restent limitées en Afrique. Comme les subventions et l'information sont complémentaires (Ashraf, Jack, and Kamenica 2013), la façon dont les rappels saisonniers et les nudges (traitements préventifs intermittents) sont façonnés, pourrait contribuer à augmenter le délai entre deux subventions temporaires et à assouplir temporairement les contraintes budgétaires. C'est donc la combinaison d'une subvention intégrale et de différents types de rappels que notre expérience propose de tester. Nous remarquons que les rappels et les nudges sont différents de l'éducation à la santé qui a une incidence sur les connaissances plutôt que sur l'attention. Kremer et Miguel (2007) ont montré que les leçons d'éducation sanitaire n'étaient pas durables, mais qu'elles ne mettaient pas l'accent sur les nudges (Kremer and Miguel 2007).

On pourrait soutenir qu'il n'est pas surprenant d'observer une baisse de la possession et de l'utilisation au cours d'une période de deux ans ou qu'une possession de 80 % après deux ans est en fait élevée, ce qui signifie que le système de distribution gratuite a été très efficace. Tout d'abord, bien que discutable, la Stratégie technique mondiale de lutte contre le paludisme 2016-2030 recommande un seuil de couverture supérieur à 80%. Dans un contexte quasi-expérimental en milieu urbain où le suivi, l'éducation et la sensibilisation sont censés être plus élevés que dans les zones rurales, ce chiffre ne peut être considéré comme suffisant. Au Burkina-Faso, la couverture moyenne de possession, selon le Rapport mondial sur le paludisme et celui sur

l'Enquête de l'indicateur du paludisme (EIP) d'EDS, est d'environ 75% en 2017. Selon le même rapport d'EDS, ce pourcentage a diminué entre 2014 et 2017, passant de 90 % à 75 % (84 % des MII provenaient des campagnes de grande distribution). Cela signifie qu'en moyenne au Burkina-Faso, la situation est très similaire à notre contexte quasi-expérimental en milieu urbain. Bien sûr, nous reconnaissons que la croissance de la population pourrait avoir affecté négativement le nombre de moustiquaires par personne ou par ménage - peut-être en raison de plus de mariages - au Burkina Faso. Mais la distribution de masse est basée sur la taille du ménage au moment de la distribution. Ils sont censés tenir compte des grossesses. Sur une période de seulement deux ans, les naissances supplémentaires pourraient augmenter, mais sous réserve des grossesses en cours, de manière plausible et limitée seulement, pour des raisons biologiques. En conséquence, la tendance à la baisse observée non seulement à Bobo Dioulasso mais aussi, en moyenne au Burkina reste pessimiste et correspond à une prévalence croissante du paludisme. De plus, tous les ménages de notre étude expérimentale ont été couverts de la même manière avec des moustiquaires et les changements dans la fécondité devraient affecter tous les ménages dans les bras d'intervention et de contrôle de la même manière.

Deuxièmement, il existe de nombreuses autres raisons de ne pas utiliser les moustiquaires, souvent évoquées dans la littérature. Par exemple, les moustiquaires peuvent être déchirées et une fois qu'elles ont des trous, même si la famille les possède encore, elles ne sont plus utilisées - ou les gens peuvent croire qu'elles ne sont plus très utiles - et cesser de les utiliser. Il est aussi souvent avancé que les moustiquaires ne sont pas utilisées à cause de la chaleur. Nous avons examiné l'EIP de l'EDS 2014 et 2017 (EIP). Seule l'enquête de 2014 examine plusieurs raisons de ne pas utiliser les moustiquaires parmi les adultes et les enfants qui ne les ont pas utilisés. Parmi les raisons étudiées dans l'EDS-EIP 2014, un certain nombre de raisons pour ne pas utiliser les moustiquaires sont couvertes (raisons pour lesquelles elles n'ont pas dormi sous MII) : mauvaise odeur, cause des irritations / toux ou respiration difficile, rend la personne malade ou donne la nausée, a des produits chimiques dangereux, peut tuer un fœtus, n'aime pas la forme, la chaleur, la moustiquaire devient sale, taille ou nombre insatisfaisant, moustiquaire ne sont pas efficaces ou aucune raison. Aucune de ces raisons ne représente plus de 1 % de l'échantillon. En particulier, la chaleur comme raison de ne pas utiliser les moustiquaires - qui est toujours considérée comme une illustration d'une faible utilisation - n'est une réponse donnée que par 0,99% de ceux qui n'utilisent pas les MII. Le fait que la MII soit sale, ce qui est la réponse la plus

proche à la dégradation des moustiquaires, est de 0,01%. Et ensemble, ils n'atteignent pas 2 %. Le fait que les moustiquaires puissent avoir des trous n'est même pas couvert par l'enquête, ce qui suggère que cela n'est probablement pas considéré comme une menace majeure pour l'utilisation. Des résultats similaires peuvent être trouvés dans d'autres enquêtes MISC réalisées dans des pays voisins d'Afrique de l'Ouest comme le Mali (MIS 2015). Comme, tous les ménages de notre étude expérimentale ont été couverts de la même manière avec des moustiquaires et les raisons ex ante de ne pas utiliser de moustiquaires devraient être similaires dans les groupes d'intervention et de contrôle.

Enfin, si l'on considère la figure 3.A5 de l'annexe, la pente (changement de possession) du groupe témoin après l'intervention (de juin 2016 à novembre 2017) n'est pas statistiquement différente de la pente du groupe témoin avant intervention (de novembre 2013 à juin 2016). Cela suggère que même dans un contexte expérimental prudent avec une distribution surveillée de moustiquaires, la possession et l'utilisation diminueront sans action complémentaire. Nos conclusions rejoignent parfaitement celles de Kremer et Miguel (2007) et il n'y a aucune raison pour que le paludisme échappe à ce cadre. Nous devons trouver des actions complémentaires et les *coups de pouce* représentent une option potentielle.

3.1.2. Aperçu de l'expérience

La semaine suivant la première enquête socio-économique de 2016 (entre le 13 et le 19 juin 2016), des MILD ont été distribuées dans chaque ménage participant à l'enquête (1 pour 2 personnes). Le projet a distribué des MILD de marque PermaNet[®] 2.0 (deltaméthrine sur polyester ; Vestergaard, Lausanne, Suisse). L'efficacité respective d'Olyset[®] et de PermaNet[®] 2.0 a été testée au Burkina par Toe et al (2014). Lorsque les moustiquaires utilisées ont été testées, seules 3 (Permanet 2.0, Permanet 3.0 et NetProtect) répondaient aux critères de l'OMS. Comparativement à Olyset[®], PermaNet[®] 2.0 peut donc être considérée comme une amélioration dans notre contexte. Elles sont rectangulaires et permettent la libération lente de l'insecticide deltaméthrine, et ne nécessitent aucun retraitement ou trempage. Les moustiquaires ont été distribuées gratuitement parce que notre étude visait à mettre l'accent sur l'information. En effet, comme tous les ménages ont reçu des moustiquaires gratuitement, notre objectif n'était pas de répondre aux questions relatives aux niveaux de subvention et la validité externe, mais se limite à

l'information dans le contexte de la distribution gratuite. C'est toutefois plus réaliste, car la plupart des programmes de santé publique distribuent maintenant des moustiquaires sans frais pour la population. Les MILD Olyset[®], et PermaNet[®] 2.0 ont une durée de vie de 4 à 5 ans.

Notre plan de recherche randomisé débute le 1er juillet 2016. Un essai comparatif randomisé en deux phases a été mis en œuvre au niveau individuel pour évaluer l'effet des rappels sur l'utilisation des moustiquaires. La première intervention a été une intervention par SMS du 1er juillet au 1er novembre 2016, pendant la saison de transmission du paludisme. La deuxième intervention a consisté à appeler directement les chefs de ménages du 1er juillet au 1er novembre 2017 en utilisant les mêmes messages. L'assignation aléatoire à la fréquence et au contenu de l'information a été effectuée au bureau et à l'insu des intervieweurs et de l'équipe de recherche sur le terrain.

La campagne des SMS a été organisée pendant la saison des pluies de 2016 (phase 1 décrite plus en détail ci-dessous). Des SMS ont été envoyés aux chefs de ménage, en fonction de leurs groupes de randomisation (i.e. contrôle ; ii. messages sur le paludisme à haute fréquence ; iii. messages sur le paludisme à basse fréquence ; iv. messages sur la santé générale à haute fréquence ; v. messages sur la santé générale à basse fréquence). Une enquête socio-économique a eu lieu du 7 au 20 novembre 2016 (c'est-à-dire après la fin de la saison des pluies). Une campagne d'appel a ensuite été organisée pendant la saison des pluies de 2017 et une dernière enquête a été réalisée en novembre 2017 (phase 2 décrite plus en détail ci-dessous). Les mêmes ménages ont été interrogés, ce qui a permis d'obtenir un ensemble de données de panel comprenant trois suivis en juin 2016, novembre 2016 et novembre 2017. La figure A 2 résume la conception de notre étude.

3.1.3. Cadrage et test des messages génériques

3.1.3.1. Cadrage des messages

Nous avons créé douze messages fournis dans le tableau 3.A1 en annexe. Six messages génériques simples portaient sur le paludisme et six messages simples sur la santé publique. Ils ont été définis en français par une équipe interdisciplinaire travaillant sur le projet¹³. Ils étaient également multidimensionnels dans leur contenu et conçus de manière symétrique dans les deux groupes (paludisme et santé). Il est important de noter que les messages spécifiques sur le paludisme ne ciblaient pas spécifiquement l'utilisation des MILD. Seuls deux messages du paquet paludisme visaient spécifiquement l'utilisation de moustiquaires, ce qui nous permet de tester ce contenu en particulier. Des enquêtes menées à Bobo Dioulasso ont montré que les SMS pouvaient fournir des informations directes sur la santé aux ménages (Diallo et al. 2012). Dans le paquet paludisme, il est difficile de prédire ex-ante quels types particuliers de contenu pourraient avoir un impact significatif sur l'utilisation.

Les groupes 'Fréquence +' et 'Fréquence -' sont définis par 3 ou 1 message(s) envoyé (s) par semaine respectivement du 1er juillet au 1er novembre (saison du paludisme) 2016 et 2017. La combinaison de la fréquence et du contenu nous donne quatre groupes traités et un groupe témoin, comme l'illustre la figure 3.A2. Nous notons qu'au sein de chaque groupe randomisé, les 6 messages de paludisme et 6 messages de santé ont également été envoyés dans un ordre aléatoire. Les ménages assignés dans le groupe de traitement au hasard ont été exposés à des messages en fonction de leur groupe d'assignation. Notez que les messages sur la santé peuvent aussi être considérés comme un placebo, tout comme les destinataires de messages n'était pas aveugles à l'intervention.

Les messages étaient les mêmes à la phase 1 (SMS) qu'à la phase 2 (appels) et étaient envoyés dans le même ordre aléatoire. De cette façon, nous nous assurons que la répartition des messages entre nos groupes randomisés soit équilibrée. La seule différence entre la phase 1 et la phase 2 est que les messages ont été envoyés par SMS dans la phase 1 et par appels dans la phase 2. Il est

¹³ Le français est la langue officielle du Burkina Faso.

important de noter que les SMS ou les appels entrants étaient gratuits, de sorte que les ménages n'ont pas eu à payer de frais lorsqu'ils recevaient un SMS ou un appel. Nous mesurons l'impact de cette exposition informationnelle sur les comportements préventifs en matière de santé. Enfin, pour limiter les biais d'évaluation, les chercheurs chargés de l'analyse étaient aveugles du contenu des SMS et appels.

3.1.3.2. Evaluation de l'impact des contenus avec les enregistreurs de mouvements

Pour tester la qualité de nos messages, des enregistreurs de mouvements ont été utilisés pour surveiller plus précisément l'utilisation des moustiquaires pendant la première phase seulement¹⁴. Des outils fiables pour mesurer l'utilisation des moustiquaires sont essentiels pour que les chercheurs et les professionnels de la santé publique puissent différencier la possession et l'utilisation, mieux comprendre les mécanismes et l'impact des programmes de MII, et améliorer leur conception. L'indicateur standard pour mesurer l'utilisation des moustiquaires habituellement pendant les enquêtes sur EIP, est celui convenu dans le Partenariat Faire reculer le Paludisme : la proportion de la population ou sous-population d'enfants de moins de 5 ans, qui a déclaré avoir dormi sous une moustiquaire la nuit précédant l'enquête. Mais il a été rapporté que cet indicateur pourrait surestimer l'utilisation réelle, car il est affecté par des biais potentiels tels que le biais de désirabilité sociale, le biais de rappel de mémoire ou le biais d'échantillonnage (Koudou, Malone, and Hemingway 2014; Krezanoski et al. 2016).

Des mesures objectives de l'utilisation des MII ont tenté de surmonter les limites de l'auto-déclaration, mais chaque solution a ses propres défis : les visites nocturnes surprises ou inopinées sont difficilement acceptables en raison de problèmes de confidentialité, la confirmation visuelle pendant la journée dépend des arrangements de logement et ne signifie pas que la MII soit utilisée pendant la nuit. De plus, toutes les solutions nécessitent des ressources logistiques et

¹⁴ Il y avait trois raisons de limiter l'utilisation des enregistreurs de données à la phase 1. Premièrement, on craignait que l'utilisation des enregistreurs ne biaise pas les comportements, car les individus conscients de l'existence de ces enregistreurs pourraient s'adapter à cette situation. Deuxièmement, cette population choisie au hasard a reçu des informations éthiques spécifiques et peut se comporter différemment. Troisièmement, l'utilisation des enregistreurs demeure coûteuse et risque d'être perdue lors du suivi. Cependant, des études antérieures ont montré que ces mesures objectives correspondent bien à l'utilisation déclarative (Koudou, Malone et Hemingway, 2014).

humaines importantes qui les rendent difficiles à mettre en œuvre dans les enquêtes de routine ou de grande envergure (Kreznoski et al. 2017).

Par conséquent, l'utilisation de dispositifs de surveillance des moustiquaires a été suggérée, car ils pourraient aider à vérifier la mesure de l'utilisation par enquêtes et fournir des estimations de l'utilisation entre les enquêtes¹⁵. Les enregistreurs de données choisis pour l'étude étaient l'enregistreur de données d'accélération pendulaire HOBO[®] (UA-004-64) de marque Olyset[®] Computer Corporation (Olyset[®] Computer Corporation, 2017a).¹⁶ Avant la distribution des MII, 91 ménages étaient choisis au hasard et un enregistreur de données de mouvements était attaché à la MII qui devait être utilisée par les enfants de ces ménages. Les enregistreurs ont été attachés à mi-hauteur sur le côté des moustiquaires à l'aide d'une petite poche, de sorte que l'enregistreur est censé se tenir verticalement lorsque la moustiquaire est dépliée et non verticalement si elle est pliée. Ils ont été réglés pour enregistrer les données d'accélération et d'inclinaison sur les axes tridimensionnels x, y et z toutes les 30 minutes pendant toute la durée de l'expérience de la phase 1 des messages texte (20 semaines), pour surveiller l'utilisation réelle des moustiquaires. Ils fournissent donc des données à haute fréquence pendant la phase 1 de l'expérience. Parce que

¹⁵ Koudou, Malone et Hemingway (2014) rapportent qu'ils pourraient définir des modèles associés à des mouvements spécifiques de la moustiquaire dans des conditions de laboratoire et de terrain : déplier la moustiquaire puis dormir sous celle-ci, plier la moustiquaire après l'avoir utilisée et une moustiquaire dépliée sans que personne ne l'utilise. La sensibilité et la spécificité dans des conditions contrôlées étaient toutes deux de 100 %. Ensuite, ils ont surveillé l'utilisation des moustiquaires à l'aide d'enregistreurs de données et de questionnaires lors de visites hebdomadaires (pour télécharger les données, charger la batterie de l'enregistreur de données et effectuer le questionnaire) pendant 6 semaines, en plus des enquêtes entomologiques. Il a été signalé que le rappel de l'utilisation déclarative des MII était le même que celui enregistré par les enregistreurs de données de la nuit précédente, mais surestimé de 13,6 % après une semaine, de 22,8 % après deux semaines et de 38,7 % après un mois.

¹⁶ Ces dispositifs peuvent mesurer l'accélération sur 1, 2 ou 3 axes, et les valeurs d'inclinaison peuvent être calculées à partir de l'accélération pour chaque axe. La durée de vie de la batterie peut atteindre un an et jusqu'à 21.800 mesures peuvent être stockées dans la mémoire de 64 KB. Le transfert des données s'effectue en moins de 30 secondes via une interface optique USB (voir Figure A3). Les données sont lues par un logiciel HOBO R dédié et peuvent être extraites vers un fichier.csv. Ce modèle a été choisi car il offrait un bon compromis entre prix, taille et robustesse.

nous pouvons suivre l'utilisation quotidienne, nous sommes en mesure de vérifier le contenu du message qui a été le plus efficace pour changer les comportements.

Les 91 enregistreurs de mouvement ont été distribués en juin à des ménages choisis au hasard parmi les 5 groupes de SMS (tableau I), avec leur consentement¹⁷. De ces 91 enregistreurs, 80 (87,9 %) ont été récupérés en novembre à la fin de l'étude. Onze enregistreurs ont été trouvés portés disparus lorsque les enquêteurs ont rendu visite aux familles, sans raison particulière. Sur les 80 enregistreurs récupérés, un enregistreur a arrêté l'enregistrement au tout début de la procédure, donc seulement 79 enregistreurs ont été analysés (86,8 % des enregistreurs de données distribués). Parmi les 79 enregistreurs de données analysés, deux autres ont cessé d'enregistrer avant la fin de l'étude, un le 14 juillet 2016 et l'autre le 27 août 2016, mais ces enregistreurs ont été inclus dans notre analyse. Il est probable que ces 3 pannes ont été causées par des problèmes de batterie. Les données sont disponibles pour une période de 4 mois entre le 1er juillet et le 31 octobre 2016. Des exemples de la distribution globale des accélérations des axes xyz enregistrées par deux enregistreurs de données sont présentés à la figure 3. A4 a, b, c.

Pour analyser les données fournies par les enregistreurs, nous suivons (Zillmer 2013) et (Zillmer et al. 2014) qui utilisent des appareils similaires pour se brosser les dents et utiliser le savon dans un environnement naturel (conditions réelles). La moyenne quadratique des variances d'accélération sur les axes xyz est utilisée avec des seuils prédéfinis à partir d'essais en laboratoire. De même, des tests de laboratoire ont été utilisés ici pour définir les seuils au-dessus desquels une moustiquaire peut être considérée comme utilisée pendant une journée entière¹⁸. Cependant, les données réelles présentent une variabilité qui ne peut pas être saisie dans les expériences en laboratoire. Afin de définir si la moustiquaire était utilisée ou non sur une base quotidienne, en se référant aux expériences de laboratoire, nous avons calculé la moyenne

¹⁷ Le tableau 3.A5 présente la répartition des enregistreurs de données de mouvement entre les groupes randomisés.

¹⁸ Cinq configurations d'utilisation de moustiquaires ont été testées. Dans tous les tests, les moustiquaires étaient toujours accrochées aux 4 coins, comme demandé aux familles lors de la distribution des moustiquaires au début de l'étude. Dans les tests 1 et 2, la situation la plus susceptible de se produire dans la vie réelle a été testée : les 4 côtés sont pliés sur le dessus de la moustiquaire pendant la journée et dépliés pendant la nuit lorsque les gens dorment sous la moustiquaire. Le test 3 est identique aux tests 1 et 2, sauf que l'enregistreur a été placé à l'envers dans la poche (par exemple, après une manipulation du propriétaire de la moustiquaire). Dans le test 4, une autre situation possible a été prise en compte : les gens entrent et sortent de la moustiquaire, sans plier les côtés de la moustiquaire pendant la journée. Le test 5 était destiné à imiter une situation où la moustiquaire n'est pas utilisée et posée sur le sol, par exemple. Les résultats de ces tests sont disponibles sur demande.

quadratique des variances d'accélération sur les trois axes et un seuil de 0,4, a été utilisé pour identifier le comportement qui correspond à l'utilisation de la moustiquaire.

3.1.4. Phase

3.1.4.1. Phase 1 : Rappels SMS

Des messages texte (SMS) ont été envoyés par l'intermédiaire d'une plateforme automatisée. On a demandé aux ménages de fournir un numéro de téléphone mobile primaire et un numéro secondaire. Les messages ont été envoyés au téléphone mobile primaire, sauf lorsqu'une panne permanente a été détectée pendant l'étude. La plateforme confirme que le SMS a été envoyé et reçu mais, il n'était évidemment pas possible de savoir si le SMS a été lu. Des numéros de téléphone d'essai supplémentaires externes à l'échantillon de l'étude et utilisant plusieurs opérateurs ont été utilisés pour vérifier que tous les SMS ont été correctement envoyés et reçus. Le taux de réussite a été très élevé avec 99,8 % des messages envoyés et reçus par les téléphones d'essai. Les messages SMS ont donc été envoyés - et supposés avoir été reçus correctement.

3.1.4.2. Phase intermédiaire : une information sur mesure grâce à des tests de diagnostic rapide

Le rôle de l'apprentissage par la pratique et de l'apprentissage social dans l'adoption des technologies dans les pays pauvres a été souligné dans de récents articles traitant de la prévention et du traitement du paludisme (Adhvaryu 2014; Pascaline Dupas 2014). L'infection palustre chez les enfants a été déterminée à la fin de la deuxième enquête en novembre 2016. Des TDR ont été proposés à tous les enfants âgés de 1 à 15 ans.¹⁹ Des informations sur l'état infectieux des membres du ménage ont été fournies aux ménages, juste après le test. Nous utilisons ces informations pour générer un indice d'apprentissage. Nous considérons que le ménage peut apprendre de manière incitative, surtout si la moustiquaire est déclarée utilisée et que personne

¹⁹ La TDR utilisée était la SD BIOLINE Malaria Ag P.f/Pan (Standard Diagnostics, 2017), qui détecte l'antigène HRP2 de *P. falciparum* (sensibilité 99,7 % et spécificité 95,5 %) et l'antigène pLDH qui est commun à toutes les espèces de paludisme (sensibilité 95,5 % et spécificité 95,5 %).

n'est infecté ou si la moustiquaire n'est pas utilisée²⁰ et que quelqu'un est infecté. Inversement, si la moustiquaire est utilisée et que quelqu'un est infecté ou si la moustiquaire n'est pas utilisée et que personne n'est infecté, cela servira plutôt d'incitation négative à l'utiliser. Parce qu'ils ont été réalisés après notre enquête à mi-parcours, les TDR fournissent une information ex-post pour ceux qui ont été interrogés en novembre 2016 mais une information ex ante pour ceux qui ont été interrogés en novembre. 2017. Bien entendu, les ménages peuvent anticiper les résultats des TDR par le biais d'une analyse passive continue. L'observation des maladies au sein du ménage et l'apprentissage est aussi un processus continu. Notre phase intermédiaire fournit cependant une approximation discrète du processus d'apprentissage.

3.1.4.3. Phase 2 : Rappels vocaux génériques

Deuxièmement, la procédure décrite pour la phase 1 a été appliquée pour appeler les personnes au lieu d'envoyer des messages texte. Comme l'illustre la figure 3. A2, les groupes randomisés sont demeurés les mêmes. Les messages étaient enregistrés sur une plateforme par une voix locale, chaque message durait environ 15 secondes. Le passage des messages texte aux appels dans les phases 1 et 2 présente plusieurs avantages. Les appels sont censés être plus efficaces si tout le monde ne sait ni lire ni écrire. De plus, les appels nous permettent d'examiner les comportements d'évitement (p. ex. ceux qui répondent au téléphone et ceux qui n'y répondent pas) et l'effet moyen du traitement chez les compliers.

3.1.5. Statistiques descriptives de base : 2013 et 2016

Dans les tableaux 3.II et 3. III, nous présentons les estimations des coefficients et les écarts-types ainsi que la valeur p pour des comparaisons. Toutes les estimations des coefficients sont petites et très peu, peuvent être distinguées statistiquement de zéro, ce qui donne à penser que la randomisation a permis de rendre l'assignation de l'information orthogonale aux caractéristiques de base observables. Le tableau 3. IV compare également les caractéristiques de base des ménages de notre enquête de juin 2016 avec les caractéristiques des zones urbaines de la même

²⁰ En novembre 2016, juste avant les RDT.

région du Burkina Faso recueillies dans le cadre de la plus récente enquête EDS réalisée au Burkina Faso en 2014.²¹

3.2. Cadre empirique et résultats

3.2.1. Effet immédiat des rappels et validation des contenus : résultats des enregistreurs de mouvements

Précisons d'abord que durant la phase 1, des messages texte ont été envoyés tous les mardis, jeudis et samedis du 1er juillet au 1er novembre 2016 pour le groupe de haute fréquence (Fréquence +) (trois fois par semaine) et seulement le samedi pour le groupe de basse fréquence (Fréquence -) (une fois par semaine). Nous notons également que le contenu des messages a été trié et envoyé de manière aléatoire, ce qui nous permet d'explorer l'effet du contenu indépendamment de l'attribution des groupes de fréquences. Les données des enregistreurs de mouvements ont été utilisées pour générer un indice dichotomique quotidien de l'utilisation de moustiquaires (voir la section précédente). La figure 2 montre le taux quotidien des ménages utilisant les moustiquaires dans chaque groupe randomisé. Pour les groupes de haute et de basse fréquence, le groupe qui reçoit des messages spécifiques au paludisme a un taux d'utilisation plus élevé. Les taux semblent diminuer avec le temps dans tous les groupes en moyenne et particulièrement dans le groupe témoin. Cela pourrait refléter une tendance saisonnière, l'effet d'un système de suivi spécifique ou le consentement éthique au début de la procédure pour ce sous-échantillon ou un effet d'évitement. Les groupes de basse fréquence semblent utiliser les moustiquaires à un taux plus élevé.

Le tableau 3.V présente les résultats de l'équation (1) (individu i , jour t) estimés au moyen d'un modèle de probabilité linéaire. Tout d'abord, nous considérons que le message texte a un effet sur les comportements non seulement le jour où il a été envoyé, mais aussi les jours suivants jusqu'à ce que le message texte suivant soit envoyé (colonnes 1 et 2). Deuxièmement, nous considérons

²¹ L'EDS 2017-18 du Burkina Faso n'est pas encore disponible.

que le message texte n'a un effet sur les comportements que le jour où il a été envoyé (colonnes 3 et 4).

$$\Pr(UtilMoustiq_{it}) = \beta_0 + \beta_1 Contenu_{it} + \beta_2 X_{it} + \beta_3 Mois_t + \beta_4 Jour_t + u_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Où y_{ijt} est notre mesure de l'utilisation de moustiquaires générée comme décrit ci-dessus. X_{it} est un vecteur de variables de contrôle comprenant le nombre de membres du ménage, le nombre d'enfants, le pourcentage de membres alphabétisés et le quartier. u_i est un effet aléatoire individuel imbriqué dans un effet aléatoire du quartier²². $Mois$ et $Jour$ sont des variables factices pour le mois et le jour de la semaine.

Le tableau 3.V montre que les messages sur le paludisme ont une incidence sur l'utilisation de la moustiquaire. L'effet n'est pas négligeable et est relativement stable, quel que soit le message de paludisme envoyé. L'envoi d'un message antipaludique augmente de 18 points de pourcentage la probabilité d'utiliser la moustiquaire le jour où les messages ont été envoyés (et vraisemblablement reçus). Aucun des messages sur le paludisme n'a un effet significativement plus important que les autres. En particulier, les messages 2 et 4 contenaient des recommandations concernant les moustiquaires. L'effet est légèrement supérieur pour le message 2 dans la colonne (3) mais pas pour le message 4. En fin de compte, ceux qui ont déclaré utiliser la moustiquaire en juin 2016 étaient plus susceptibles de l'utiliser que ceux qui ne l'utilisaient pas, et les messages sur le paludisme étaient également plus efficaces pour ce sous-échantillon. Cela suggère la présence d'un effet positif à long terme.

3.2.2. Effets à long terme sur les comportements de protection auto-déclarés lors des phases 1 et 2

Un modèle de probabilité linéaire simple est utilisé pour expliquer l'effet de l'expérience sur l'utilisation des MILD (analyse ITT ; individu i , groupe j , enquête t). Les groupes d'étude (groupes d'intervention vs groupe de contrôle), les enquêtes (enquêtes de suivi vs juin 2016) et l'interaction entre le groupe d'étude et le temps sont inclus dans ce modèle. L'effet clé d'intérêt

²² Les sujets qui sont imbriqués dans la même unité de niveau supérieur sont susceptibles d'avoir des résultats qui sont corrélés les uns aux autres, violant ainsi l'hypothèse d'observations indépendantes.

est β_3 associé au terme d'interaction, qui estime le changement intervenu de la base de référence au suivi dans le groupe d'intervention par rapport au groupe de contrôle :

$$\Pr(\text{UtilMoustiq}_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Groupe}_i + \beta_2 \text{Enquete}_t + \beta_3 (\text{Groupe}_i \times \text{Enquete}_t) + \beta_4 X_{it} + u_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

Où β_3 est l'effet du traitement. u_i est un effet aléatoire individuel imbriqué dans un effet aléatoire de voisinage. X_{it} est un vecteur de variables de contrôle comprenant le nombre de membres du ménage, le nombre d'enfants, le pourcentage de membres alphabètes et le quartier. Les analyses avec ou sans ajustement ne sont pas affectées de façon significative²³.

La figure 3.3 affine la figure 1 et présente l'évolution de la possession, l'utilisation et l'adoption par bras randomisés dans nos données de panel, de juin 2016 à novembre 2017. Une figure complémentaire incluant la part de l'échantillon qui pourrait être suivie depuis novembre 2013 est fournie dans le tableau 3.VIII de l'annexe pour la possession, montrant une tendance parallèle presque parfaite avant traitement pour tous les groupes sauf un (Santé fréquence -).

La première série de résultats présentée au tableau 3.VI montre l'ampleur estimée de la sensibilité de la demande à la campagne de rappels dans l'échantillon complet. L'utilisation de moustiquaires est l'utilisation de moustiquaires la veille de l'entretien parmi ceux qui possèdent une moustiquaire. L'adoption combine la possession et l'utilisation. Le fait de recevoir plus fréquemment des rappels spécifiques au paludisme augmente significativement l'utilisation déclarative de la moustiquaire d'environ respectivement 4,6 points de pourcentage à 6 points de pourcentage en 2016 et 2017 respectivement. Le tableau 3.A3 donne plus de résultats sur les effets globaux (traités et non traités ; Fréquence+ " contre Fréquence - " ; paludisme et santé). Aucun des résultats n'était statistiquement significatif dans ce tableau en annexe, ce qui donne à penser que pour l'utilisation déclarative, la fréquence et le contenu comptent. La possession et l'adoption ne sont pas affectées par l'intervention. Ces tests peuvent être considérés comme un test placebo puisque les moustiquaires ont été distribuées gratuitement. Toutefois, le fait que la possession ne diminue pas de façon significative avec le temps (voir aussi la figure 3.A5 de l'annexe) est un résultat positif.

²³ Nous notons que dans un test distinct, nous avons également utilisé la correction de dépendance spatiale proposée par Conley (1999) et que les résultats n'ont été que marginalement affectés par rapport aux White SEs.

Comme la part de ceux qui ont reçu l'information a été déterminée de façon exogène par l'assignation aléatoire, nous pouvons exploiter cette variation pour estimer les effets sociaux sans rencontrer le problème de la réflexion (Manski 1993). En utilisant les coordonnées GPS, nous calculons, pour chaque ménage de l'échantillon, le nombre de ménages qui vivent dans un rayon donné, ainsi que le nombre et la part de ceux-ci dans chaque groupe d'information (1000 mètres). Nous procédons ensuite à la régression suivante :

$$\Pr(\text{UtilMoustiq}_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Groupe}_i + \beta_2 \text{Enquete}_t + \beta_3 (\text{Groupe}_i \times \text{Enquete}_t) + \beta_4 X_{it} + \gamma \text{PartGroupe}_{it} + u_i + \epsilon_{ijt} \quad (3)$$

où PartGroupe_{it} est un vecteur de la part des voisins dans un rayon de 1000 mètres qui ont reçu des informations par bras contenu-fréquence. La part est égale à 0 s'il n'y a pas d'autres ménages d'étude dans ce rayon.

Les résultats fournis dans les colonnes (4) à (6) du tableau VI montrent un effet négatif de la densité des ménages d'autres groupes sur la possession, l'utilisation et l'adoption, particulièrement pour les groupes de la santé. L'information semble se diffuser par le biais des réseaux spatiaux, les ménages sont moins susceptibles d'utiliser PermaNet[®] 2.0 au cours de la phase 1 lorsque la densité des ménages autour d'eux qui ont reçu des messages génériques sur la santé était (de façon aléatoire) plus élevée. Une question du questionnaire suggère en outre la présence de retombées informationnelles.²⁴ L'effet d'entraînement informationnel négatif indique que l'apprentissage social pourrait nuire à l'efficacité de l'intervention et que le fait de fournir différents contenus dans une région géographiquement limitée pourrait nuire à l'attention et à la compréhension. Ce résultat conteste également l'argument selon lequel les croyances et les taux d'utilisation sont simultanément stimulés par l'apprentissage social qui, à son tour, peut soutenir la diffusion des technologies au fil du temps (Kremer and Miguel 2007). L'attention semble s'être portée de la même manière. Des effets sociaux négatifs peuvent également survenir dans des situations où des coups de pouce exercent une pression sur les individus, mais où les effets

²⁴ La question est de savoir si le destinataire a parlé des messages avec des connaissances, des amis, des collègues ou des voisins. 42% ont discuté des messages avec les voisins par exemple.

sociaux négatifs sur la participation ne sont pas empiriquement plus importants pour les familles qui ont plus de messages.

3.2.3. Information personnalisée sur les infections grâce aux TDR et apprentissage

Les individus peuvent apprendre des autres par le biais de discussions, mais aussi en tirant des conclusions de leurs propres actions (Duflo and Saez 2003). Nous passons maintenant à l'apprentissage par la pratique, c'est-à-dire apprendre la vraie valeur du produit s'ils avaient auparavant sous-estimé ces moustiquaires peut améliorer l'utilisation. Ce processus spécifique d'apprentissage par la pratique pourrait s'étendre à d'autres membres de la communauté. Les études empiriques sur l'apprentissage sont de plus en plus courantes dans la littérature économique. L'effet des messages antipaludiques sur l'utilisation de la phase 1 laisse supposer qu'il pourrait influencer sur l'utilisation et l'adoption de la phase 2 par des effets d'apprentissage. Comme les enfants des ménages ont été testés pour le paludisme à mi-parcours et que les familles ont reçu l'information, il est possible de tester les effets d'apprentissage. Nous analysons les effets hétérogènes du traitement chez ceux qui utilisaient les moustiquaires et dont le test était positif et chez ceux qui ne les utilisaient pas et dont le test était négatif (voir section 2). Les résultats sont fournis dans le tableau 3.VII et montrent des preuves de l'apprentissage par la pratique de l'utilisation et de l'adoption des messages sur le paludisme donnés en 2016 et 2017. Le taux d'apprentissage semble toutefois diminuer légèrement avec le temps. Ces résultats suggèrent que les gens se renseignent sur les avantages privés des MILD. Toutefois, dans la mesure où nous observons des résultats négatifs empiriquement, cela prouve que l'effet combiné des externalités de l'information et de l'infection est plus important que l'effet d'apprentissage par la pratique plus l'effet d'imitation pur comme dans l'étude de Kremer et Miguel (2007). Comme l'effet de l'apprentissage par la pratique est important dans notre contexte, nous interprétons les effets sociaux négatifs estimés comme une preuve solide que l'effet d'imitation pourrait être faible ou que les externalités de l'information et/ou de l'infection sont très importantes.

3.2.4. Comportements d'évitement et effets locaux moyens du traitement

Les messages texte ne permettent pas de calculer l'effet du traitement pour le sous-ensemble de l'échantillon qui reçoit effectivement le traitement (lire les rappels), c'est-à-dire les compliers. Nous exploitons les messages vocaux pour estimer l'effet du traitement moyen local (LATE) à l'aide d'un estimateur de variables instrumentales. La figure 3.4 indique le temps passé au téléphone et le nombre de réponses aux appels par date pendant la deuxième phase de l'expérience. Par exemple, de 70 réponses aux appels environ (parmi 137 ; 51%) le 1er juillet pour le groupe à haute fréquence du paludisme, le nombre de réponses tombe à moins de 40 (29%). La baisse est similaire pour le paludisme et les groupes de santé parmi ceux qui ont reçu des messages trois fois par semaine. Lorsqu'on se concentre sur les groupes de basse fréquence, la baisse est encore élevée, mais moindre que pour les groupes de haute fréquence. La figure 3.4 suggère que, plus le nombre de messages reçus est élevé, plus l'évitement est important. En utilisant le nombre de réponses aux appels téléphoniques ou le temps passé au téléphone, nous estimons le LATE :

$$\Pr(\text{UtilMoustiq}_i) = \beta_0 + \beta_1 Z_i + \beta_2 X_i + \beta_3 \text{Enquete}_t + \gamma \text{PartGroupe}_i + u_i + \epsilon_{it} \quad (4)$$

où Z_i est le nombre total de réponses aux appels téléphoniques ou le temps total (en secondes) passé au téléphone en réponse à nos appels instrumentés par les groupes de traitement répartis de façon aléatoire.

Le tableau 3.VIII confirme un fort effet sur les compliers. Répondre à un appel de plus augmente l'utilisation et l'adoption de 0,15 point de pourcentage.

3.2.5. Test de la présence d'interactions stratégiques

Nous testons également la présence d'interactions stratégiques. En effet, en présence d'une interaction stratégique, l'effet de l'information reste ambigu, comme indiqué en introduction. Pour ce faire, nous régressons la décision d'adhésion de la personne i à sa propre offre de traitement et la proportion d'offres de traitement dans son "quartier". Si nous trouvons un effet qu'à partir de son propre traitement uniquement, il n'y a aucune preuve d'interactions

stratégiques. Nous appliquons cette procédure au nombre de réponses reçues et au temps passé au téléphone en suivant l'équation (4).

Il existe de nombreux contextes dans lesquels l'information est donnée à partir de différentes sources et à différentes fréquences. Par exemple, lorsque plusieurs ONG travaillent simultanément dans une zone restreinte, elles peuvent communiquer sur différents sujets et promouvoir différentes pratiques. Dans de tels contextes, il est difficile de savoir quel type d'interactions stratégiques l'information générera. Le tableau 3.IX montre que, bien que les ménages partagent l'information avec d'autres, ils ne s'engagent pas dans des expériences stratégiques.

Conclusions

Nous avons étudié les effets de la mise à l'échelle des rappels et de soutenir le contrôle d'une menace de santé publique à l'échelle mondiale. Nous avons testé cette possibilité en réalisant une expérience de terrain à Bobo-Dioulasso au Burkina Faso sur un échantillon représentatif de ménages. En utilisant une mesure nouvelle et fréquente de l'utilisation de moustiquaires, nous avons constaté que des rappels simples augmentent fortement l'utilisation des MILD chez les utilisateurs traités qui reçoivent des messages texte hebdomadaires par téléphone sur des maladies spécifiques. Les rappels ont un effet immédiat qui est conforme à l'idée que les gens sont parfois inattentifs à la possibilité de cueillir ce qu'on appelle les fruits à portée de main, comparativement à d'autres activités qui fournissent une satisfaction plus immédiate. Nous avons également trouvé des preuves de l'existence de la formation d'habitudes et de l'apprentissage par la pratique, comme en témoigne l'effet positif observé après la fin du traitement et sur une longue période. En outre, lorsqu'on utilise à long terme l'utilisation déclarative de la moustiquaire au lieu de mesures objectives, davantage de rappels semblent être associés à une protection plus élevée dans la mesure où ils sont associés à un contenu spécifique. La validité externe de nos résultats est limitée à la zone d'étude et au paludisme. Une expérience idéale aurait dû inclure des tests spécifiques à l'utilisation d'une brosse à dents ou d'un savon ou d'autres comportements de santé tels que la consommation de tabac et d'alcool. Nous n'avons pas recueilli de tels renseignements.

Aujourd'hui, la plupart des moustiquaires sont distribuées gratuitement, mais le maintien des subventions est difficilement réalisable dans le contexte actuel. Nous nous concentrons sur les campagnes d'information dans le cadre de la distribution gratuite. Notre approche peut contribuer à rendre la discontinuité des subventions plus durables. Un SMS coûte 0,11 centime d'euro. Environ 152 SMS ont été envoyés. Le coût d'une minute d'appel est d'environ 0,31 centime d'euro. Un calcul du fond de l'enveloppe indique que le coût total de l'envoi de SMS et d'appels suivant notre conception était de 17.810,56 euros. Deux options pourraient être envisagées par les décideurs politiques : la première serait d'effectuer un traitement informatif intermittent pendant la saison des pluies (mesure préventive testée ici). La seconde serait de faire un traitement soutenu tout au long de l'année (non testé ici). Les recherches futures devraient probablement comparer ces deux approches, mais l'approche intermittente nous a semblé être la plus optimale dans la zone sahélienne. Les recommandations de l'OMS préconisent un traitement

prophylactique intermittent à l'aide de moustiquaires, en particulier pendant la saison de transmission dans cette région. Avec des économies d'échelle potentielles, un rappel peu coûteux peut permettre de s'attaquer à une question cruciale liée à la lutte contre les maladies infectieuses dans les pays à faible revenu et à faible coût. Notre message ne contenait pratiquement aucune information sur les coûts. Cependant, elles peuvent affecter la perception des coûts de santé ou des moustiquaires des différents produits ou comportements. Dans un environnement avec des niveaux élevés de couverture vaccinale de base, les rappels par SMS ou vocaux couplés à une distribution gratuite ont considérablement amélioré l'utilisation des MILD. Les recherches futures devraient tenter d'identifier la combinaison optimale de subventions et de nudges.

3.2.6. Annexes

3.2.6.1. Tableaux

Tableau 3. I : Répartition des enregistreurs de données de mouvement entre les groupes randomisés

Enregistreurs Mouvements Reçus	groupe					Total
	Contrôle	Palu Freq +	Palu Freq -	Santé Freq +	Santé Freq -	
Non	261	130	140	131	132	794
	32.87	16.37	17.63	16.5	16.62	100
	88.47	88.44	94.59	89.12	89.19	89.72
Oui	34	17	8	16	16	91
	37.36	18.68	8.79	17.58	17.58	100
	11.53	11.56	5.41	10.88	10.81	10.28
Total	295	147	148	147	148	885
	33.33	16.61	16.72	16.61	16.72	100
	100	100	100	100	100	100

Notes : Pourcentages entre parenthèses. Les ménages recevant des enregistreurs de mouvements ont été choisis au hasard à partir de l'échantillon complet. Chi carré de Pearson = 4,6745 ; Pr = 0,322.

Tableau 3. II : Caractéristiques de base pour les variables sélectionnées en 2013

	MILD dans MN	Dormi. sous Moustiq.	Avant N. membres dans M	Pourc. Moustiq.	Lit	Indice Richesse
Moyenne contrôle	0.961	0.905	8.459	0.237		-0.018
Palu. Freq+	0.013 (0.022)	-0.022 (0.034)	0.132 (0.479)	0.007 (0.022)		-0.040 (0.211)
Palu. Freq-	-0.016 (0.023)	0.046 (0.035)	-0.727 (0.489)	0.012 (0.022)		-0.249 (0.216)
Santé Freq+ Nov 2016	0.021 (0.023)	0.029 (0.034)	-0.653 (0.489)	0.021 (0.022)		-0.004 (0.216)
Santé Freq- Nov 2016	-0.021 (0.023)	-0.034 (0.036)	-0.568 (0.500)	-0.001 (0.023)		-0.197 (0.221)
Observations	660	632	663	663		663
R-carré	0.006	0.009	0.007	0.002		0.003
Palu. Freq + = Palu Freq -	0.259	0.089	0.127	0.842		0.398
Palu. Freq - = Santé Freq +	0.163	0.680	0.897	0.730		0.330
Santé Freq + = Santé Freq -	0.121	0.125	0.883	0.393		0.449
Santé Freq - = Palu. Freq +	0.196	0.769	0.221	0.744		0.532
Santé Freq - = Palu. Freq -	0.121	0.125	0.883	0.393		0.449
Santé Freq + = Palu. Freq +	0.772	0.193	0.163	0.582		0.885
Freq + = Freq -	0.058	0.936	0.338	0.635		0.258
Paludisme = Santé	0.947	0.618	0.439	0.990		0.806
Traitements = 0	0.449	0.246	0.321	0.882		0.739
Traitements sont égaux	0.297	0.146	0.389	0.856		0.718

Note : Les écarts-types sont entre parenthèses. *, ** et *** indiquent une signalisation aux niveaux 10, 5, 1%. MN : ménage.

Tableau 3. III : Caractéristiques de base pour les variables sélectionnées en 2016

	MILD dans MN	Dormi. sous Moustiq.Avant	N. membres dans	Pourc. Mousti	Indice Richesse
Moyenne contrôle	0.817	0.710	8.186	0.248	0.055
Palu. Freq+	0.020 (0.039)	-0.018 (0.050)	0.487 (0.412)	-0.011 (0.020)	-0.059 (0.189)
Palu. Freq-	-0.021 (0.039)	0.055 (0.050)	-0.554 (0.412)	0.011 (0.020)	-0.290 (0.188)
Santé Freq+ Nov 2016	0.033 (0.039)	0.011 (0.049)	-0.587 (0.412)	0.007 (0.020)	-0.048 (0.189)
Santé Freq- Nov 2016	-0.006 (0.039)	0.040 (0.050)	-0.645 (0.411)	-0.013 (0.019)	0.077 (0.188)
Reçu enregistreur mouvement	-0.024 (0.043)	0.022 (0.055)	0.061 (0.453)	-0.012 (0.021)	0.112 (0.210)
Observations	885	727	885	885	867
R-carré	0.002	0.003	0.010	0.002	0.004
Palu. Freq + = Palu Freq -	0.361	0.208	0.029	0.348	0.288
Palu. Freq - = Santé Freq +	0.225	0.447	0.945	0.868	0.266
Santé Freq + = Santé Freq -	0.376	0.604	0.903	0.385	0.567
Santé Freq - = Palu. Freq +	0.559	0.308	0.017	0.925	0.533
Santé Freq - = Palu. Freq -	0.376	0.604	0.903	0.385	0.567
Santé Freq + = Palu. Freq +	0.764	0.611	0.024	0.439	0.960
Freq + = Freq -	0.204	0.208	0.103	0.959	0.728
Paludisme = Santé	0.655	0.856	0.084	0.854	0.220
Traitements = 0	0.831	0.797	0.106	0.840	0.582
Traitements sont égaux	0.713	0.755	0.078	0.755	0.441

Note : Les écarts-types sont entre parenthèses. *, ** et *** indiquent une signalisation aux niveaux 10, 5, 1%. MN : ménage.

Tableau 3. IV : Comparaison avec l'enquête sur les indicateurs du paludisme de l'EDS-2014

Variables	EDS-EIP-2014		Juin 2016	
	Obs.	Prop.	Obs.	Prop.
Possède électricité	892	0.729	885	0.617
Possède radio	892	0.730	885	0.718
Possède télévision	892	0.750	885	0.637
Possède réfrigérateur	892	0.252	885	0.127
Possède bicycle	892	0.572	885	0.505
Possède motorcycle/scooter	892	0.794	885	0.711
Possède voiture/camion	892	0.110	885	0.071
Age chef de ménage	892	45.950	798	47.540
Possède moustiquaire pour dormir	892	0.925	885	0.821

Note : EDS : Enquête Démographique et de Santé, EIP : Enquête sur les indicateurs du paludisme.

Tableau 3. V : Résultats des enregistreurs de données de mouvement (ITT-Phase 1)

Utilisation (appartir d'enregistreurs des données)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Obs par Message envoyé	Tous les jours du 1er Jul. au 31 Oct.	Jours SMS étaient reçus du 1er Jul. au 31 Oct.	Tous les ménages	Ménages utilisation moustiquaire en Juin 2016
		Tous les ménages	Ménages utilisation moustiquaire en Juin 2016	Tous les ménages	Ménages utilisation moustiquaire en Juin 2016
Aucun (ref)	1.352				
Paludisme / Message 1	191	0.184*** (0.0569)	0.212*** (0.0814)	0.180*** (0.0599)	0.205** (0.0825)
Paludisme / Message 2	207	0.189*** (0.0364)	0.228*** (0.0659)	0.198*** (0.0314)	0.250*** (0.0587)
Paludisme / Message 3	193	0.172*** (0.0484)	0.202*** (0.0700)	0.163*** (0.0537)	0.190** (0.0776)
Paludisme / Message 4	191	0.178*** (0.0554)	0.218** (0.0853)	0.175*** (0.0536)	0.217** (0.0849)
Paludisme / Message 5	207	0.155*** (0.0420)	0.201*** (0.0772)	0.162*** (0.0447)	0.208** (0.0819)
Paludisme / Message 6	207	0.188*** (0.0571)	0.225*** (0.0842)	0.177*** (0.0616)	0.220** (0.0910)
Santé / Message 1	252	0.107 (0.0727)	0.0947 (0.0793)	0.108 (0.0781)	0.0930 (0.0945)
Santé / Message 2	222	0.104 (0.0706)	0.0874 (0.0740)	0.113* (0.0686)	0.0937 (0.0728)
Santé / Message 3	239	0.105 (0.0847)	0.0915 (0.0875)	0.107 (0.0866)	0.0929 (0.0921)
Santé / Message 4	252	0.107* (0.0578)	0.0987 (0.0643)	0.106 (0.0664)	0.0985 (0.0767)
Santé / Message 5	252	0.109 (0.0738)	0.0961 (0.0818)	0.113 (0.0773)	0.102 (0.0915)
Santé / Message 6	239	0.0745 (0.0785)	0.0537 (0.0858)	0.0700 (0.0720)	0.0468 (0.0801)
N. Obs	4.004	9.471	7.749	4.004	3.276
N. ménages	79	79	56	79	56

Note : Le tableau 3. V présente les estimations de l'équation 1. Les messages sont fournis à l'annexe A1. L'utilisation quotidienne des moustiquaires est mesurée selon les critères suivants la section 2 (voir aussi l'annexe Figure A 4). *, ** et *** indiquent des seuils de signification à 10%, 5% et 1%. Les ménages utilisant des moustiquaires en juin 2016 sont ceux qui ont déclaré avoir utilisé la moustiquaire en juin 2016, la veille de l'interview. Les observations par message envoyé sont données pour les jours où les messages texte ont été envoyés. Les régressions contrôlent pour les jours de la semaine (du mardi au dimanche), le mois, le quartier, le voisinage, la taille du ménage et le pourcentage de personnes alphabétisées dans le ménage.

Tableau 3. VI : Utilisation et adoption déclaratives (Intention de traiter - Phases 1 et 2)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Treatment effects	Possess. moustiq.	Utilisa. Moustiq.	Adoption	Possess. moustiq.	Utilisa. Moustiq.	Adoption
Palu. Freq+ Nov 2016	-0.0271 (0.0193)	0.0472* (0.0266)	0.0191 (0.0345)	-0.0259 (0.0191)	0.0487* (0.0279)	0.0203 (0.0353)
Palu. Freq+ Nov 2017	-0.00548 (0.0216)	0.0545* (0.0333)	0.0446 (0.0410)	-0.00612 (0.0217)	0.0577* (0.0347)	0.0456 (0.0421)
Palu. Freq- Nov 2016	0.00475 (0.0501)	-0.0459 (0.0963)	-0.0393 (0.0515)	0.00154 (0.0532)	-0.0519 (0.0917)	-0.0477 (0.0434)
Palu Freq- Nov 2017	0.0341 (0.0687)	-0.0302 (0.109)	0.00180 (0.0657)	0.0297 (0.0715)	-0.0356 (0.104)	-0.00706 (0.0582)
Santé Freq+ Nov 2016	-0.0414 (0.0374)	0.0332 (0.0596)	0.00444 (0.0515)	-0.0402 (0.0374)	0.0345 (0.0597)	0.00566 (0.0516)
Santé Freq+ Nov 2017	-0.0271 (0.0426)	-0.0191 (0.0854)	-0.0364 (0.0572)	-0.0284 (0.0425)	-0.0194 (0.0855)	-0.0384 (0.0568)
Santé Freq- Nov 2016	-0.00960 (0.0264)	-0.0127 (0.0590)	-0.0208 (0.0460)	-0.00769 (0.0269)	-0.0135 (0.0591)	-0.0194 (0.0487)
Santé Freq- Nov 2017	0.00544 (0.0394)	-0.0230 (0.0617)	-0.0208 (0.0519)	-0.000836 (0.0380)	-0.0229 (0.0621)	-0.0247 (0.0506)
Densité MN autour de 1000 m, Palu Freq +				0.726*** (0.187)	-0.330* (0.197)	0.267 (0.316)
Densité MN autour de 1000 m, Palu Freq -				-0.231 (0.398)	-0.208 (0.428)	-0.355 (0.417)
Densité MN autour de 1000 m, Santé Freq +				-0.458*** (0.111)	-0.0695 (0.139)	-0.519*** (0.178)
Densité MN autour de 1000 m, Santé Freq -				-0.785*** (0.273)	-1.213*** (0.304)	-1.766*** (0.338)
N. Obs	2.524	2.338	2.515	2.513	2.330	2.504

Note : Le tableau 3. VI présente les estimations de l'équation (2). La taille des différents groupes est indiquée à la figure A2. Pour la phase 1, N. contrôle = 295, N. Fréquence du paludisme + = 147, Fréquence du paludisme - = 148, Fréquence de la santé + = 147, Fréquence de la santé - = 148. Pour la phase 2, N. contrôle = 274, N. Fréquence du paludisme + = 137, Fréquence du paludisme - = 135, Fréquence de la santé + = 137, Fréquence de la santé - = 137. Les régressions contrôlent pour le quartier, la taille du ménage, le pourcentage d'individus alphabétisés dans le ménage. Les écart-types des régressions sont entre parenthèses. *, ** et *** indiquent une signification aux niveaux 10, 5, 1%.

Tableau 3. VII : Effet d'apprentissage

	Effet treatment	Possession moustiq.	Utilis.Moustiq.	Adoption
Palu Fréq +#Nov. 2016#apprentissage	-0.0508 (0.0935)	0.395*** (0.0899)	0.321*** (0.0230)	
Palu Fréq +#Nov. 2017#apprentissage	-0.00805 (0.0868)	0.316** (0.134)	0.276*** (0.0702)	
Palu Fréq -#Nov. 2016#apprentissage	0.0865 (0.0612)	-0.188 (0.143)	-0.0890 (0.163)	
Palu Fréq -#Nov. 2017#apprentissage	0.0801 (0.0677)	-0.101 (0.0824)	-0.00871 (0.0894)	
Health Fréq +#Nov. 2016#apprentissage	0.00474 (0.0760)	0.0279 (0.0682)	0.00986 (0.0935)	
Health Fréq +#Nov. 2017#apprentissage	0.0321 (0.0829)	0.159*** (0.0354)	0.160*** (0.0297)	
Health Fréq -#Nov. 2016#apprentissage	-0.0129 (0.0842)	-0.0606 (0.178)	-0.0698 (0.196)	
Health Fréq -#Nov. 2017#apprentissage	0.000785 (0.143)	-0.00798 (0.158)	-0.0108 (0.225)	
	Obs.	2.243	2,110	2.234

Note : Les régressions tiennent compte du quartier, de la taille du ménage, du pourcentage de personnes alphabétisées dans le ménage et des effets d'entraînement (densité des ménages dans les groupes de traitement). Ecart-types entre parenthèses. *, ** et *** indiquent une signification aux niveaux 10, 5, 1%. Les régressions contrôlent pour les variables habituelles.

Tableau 3. VIII : Effet moyen local du traitement

	Possession moustiq.	Utilis.Moustiq.		Adoption
Durée totale de l'écoute téléphonique	9.02e-06 (5.14e-05)	0.000141** (5.73e-05)		0.000126*** (3.82e-05)
Nombre d'appels téléphoniques répoondus	0.000113 (0.000618)	0.00149** (0.000724)		0.00153*** (0.000446)
N. Obs	1.639	1.639	1.611	1,630

Note : Estimation de l'équation (4). Chaque cellule est une régression distincte. Les régressions contrôlent pour le quartier, la taille du ménage, le pourcentage d'individus alphabétisés dans le ménage et les effets d'entraînement (densité des ménages dans les groupes de traitement). Instruments pour la Durée totale de la réponse téléphonique et du nombre d'appels répoondus sont Enquêtes x Groupes et Groupes. Ecart-types sont entre parenthèses. *, ** et *** indiquent une signification aux niveaux 10, 5, 1%. Les régressions contrôlent pour les variables habituelles.

Tableau 3. IX : Tester la complémentarité stratégique

	Enquête 3 (avec groupe de contrôle)		A partir des données à haute fréquence (sans groupe de contrôle)	
	Temps total passé au téléphone	Nombre d'appels répondus	Temps total passé au téléphone	Réponse
Palu. Fréq+ Nov 2017	172.2*** (10.20)	14.31*** (0.756)		
Palu Fréq- Nov 2017	73.75*** (1.483)	5.961*** (0.123)	0.935*** (0.202)	0.0690*** (0.0134)
Santé Fréq+ Nov 2017	177.8*** (6.043)	14.65*** (0.430)	0.0351 (0.179)	0.00476 (0.00802)
Santé Fréq- Nov 2017	69.21*** (4.410)	5.571*** (0.394)	0.801*** (0.222)	0.0534*** (0.0184)
Densité MNs autour de 1000 m, Paluaria Fréq +	-251.8 (196.4)	-24.47 (15.93)	-2.244 (5.482)	-0.245 (0.405)
Densité MNs autour de 1000 m, Paluaria Fréq -	10.67 (31.62)	3.255 (3.057)	1.857 (3.476)	0.0975 (0.319)
Densité MNs autour de 1000 m, Santé Fréq +	16.71 (13.13)	1.174 (0.836)	1.909 (6.743)	0.323 (0.578)
Densité MNs autour de 1000 m, Santé Fréq -	118.9 (184.8)	6.797 (12.67)	-1.703 (1.514)	-0.238*** (0.0591)
N. Obs	816	816	19.093	19.093

Note : Estimation des équations (5) et (6). Les régressions contrôlent pour le quartier, la taille du ménage, le pourcentage d'individus alphabétisés dans le ménage. Les écart-types sont entre parenthèses. *, ** et *** indiquent une signification aux niveaux 10, 5, 1%.

3.2.6.2. Figures, images

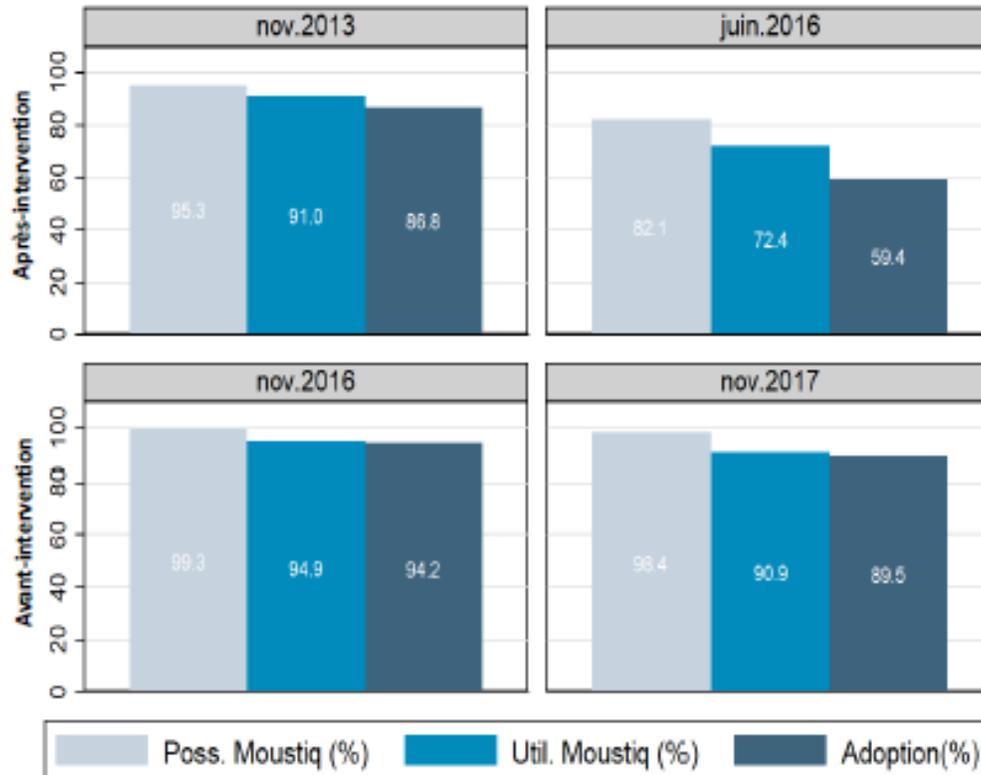


Figure 3. 1 : Tendances avant et après l'intervention (novembre 2013 - juin 2016)

Note : Ce chiffre simple est basé sur nos enquêtes et fournit la possession, l'utilisation et l'adoption déclaratives de moustiquaires de lit. Les méthodes d'enquête étaient les mêmes dans toutes les enquêtes (sélection aléatoire stratifiée des ménages). Les deux premières enquêtes sont des enquêtes transversales répétées (les deux tiers de l'échantillon étant un panel de ménages). Juin 2016, novembre 2016 et novembre 2017 est un panel de ménages. L'utilisation de moustiquaires de lit est l'utilisation de moustiquaires la veille de l'entretien parmi ceux qui possèdent une moustiquaire. L'adoption combine la propriété et l'utilisation (utilisation des moustiquaires parmi l'échantillon complet).

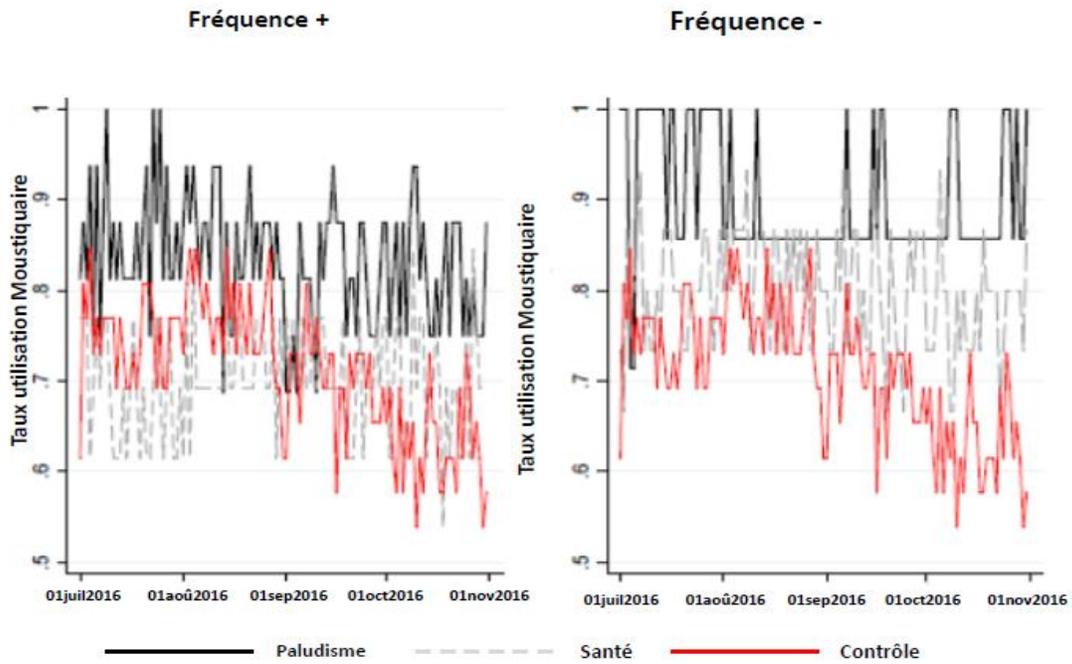


Figure 3. 2 : Proportion d'utilisation de moustiquaires de lit (par les enregistreurs de mouvements)

Note : Cette figure montre une synthèse des données recueillies par les enregistreurs de mouvement tels que présentés à la figure A4 a,b,c. L'utilisation est définie de la façon décrite à la section 2 et la proportion d'utilisateurs est calculée à l'aide de bras randomisés. Les deux lignes fournissent les régressions pour les groupes paludisme et santé.

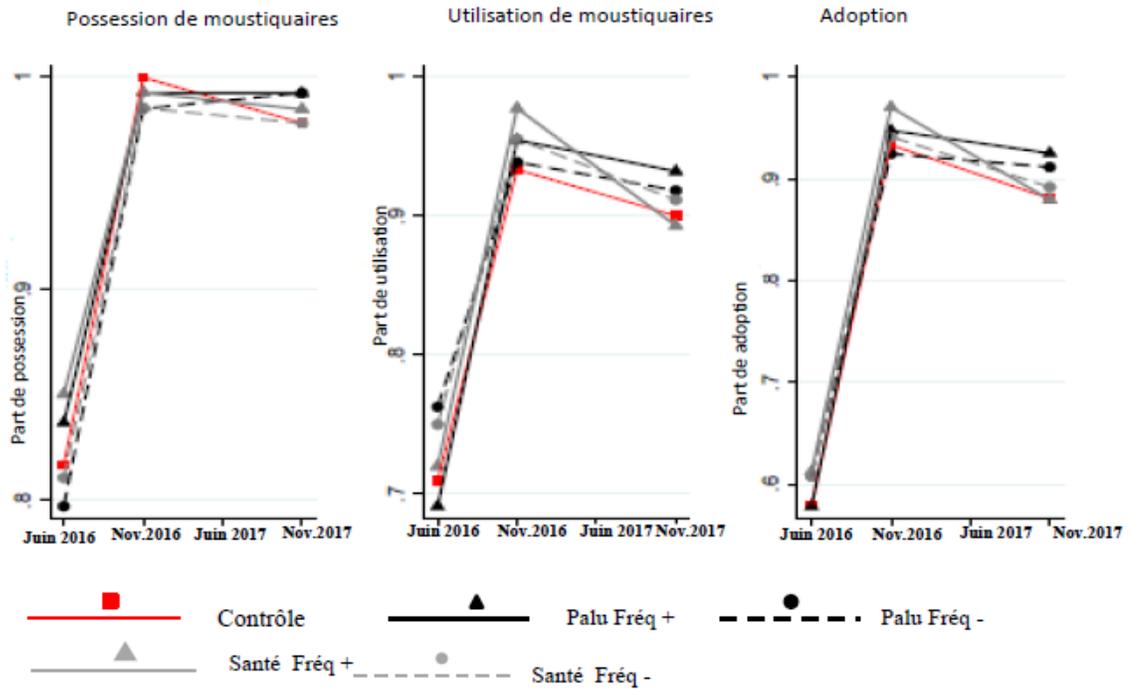


Figure 3. 3 : Utilisation déclarative des moustiquaires et suivi des groupes pendant l'intervention (novembre 2016 à novembre 2017)

Note : Cette figure redéfinit la figure 3.1 et présente l'évolution de la possession, l'utilisation et l'adoption selon les bras randomisés de juin 2016 à novembre 2017. Un tableau complémentaire comprenant la part de l'échantillon qui pourrait être suivi depuis novembre 2013 est fourni dans le tableau 3.I de l'annexe pour la possession des moustiquaires.

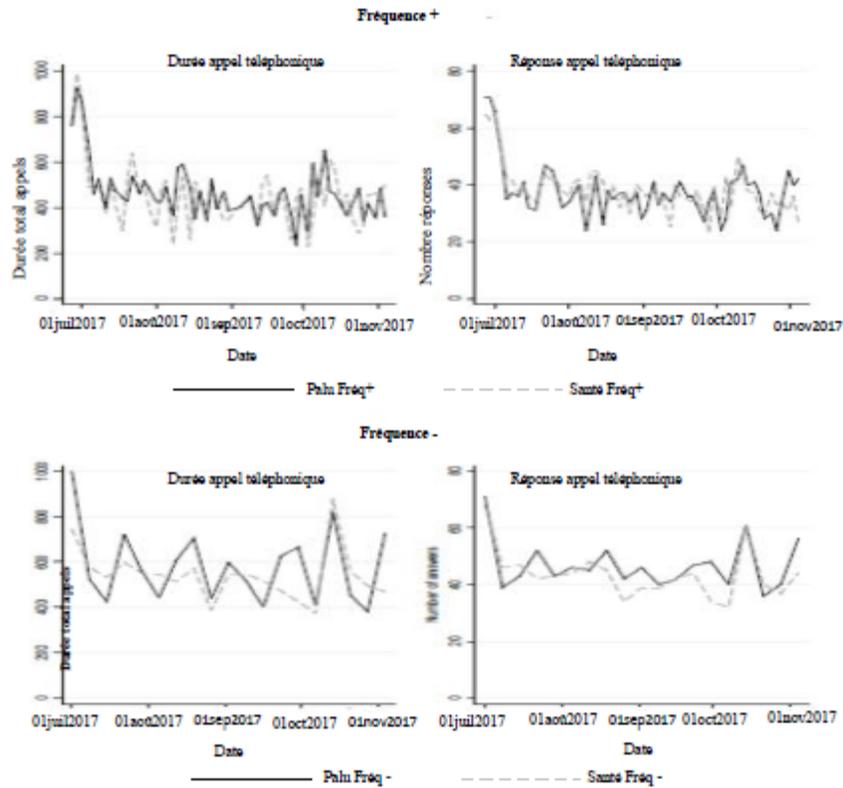


Figure 3. 4 : Appels téléphoniques (1er juillet 2017 au 1er novembre 2017)

La première figure à gauche indique le temps total passé au téléphone par date, en réponse aux appels (messages vocaux) qui ont été envoyés pendant la phase 2. La deuxième figure à droite indique le nombre total d'appels traités par date. La proportion peut être calculée en divisant simplement le nombre de réponses par la taille du groupe indiquée à la figure 3.A2 (N. Fréquence du paludisme + = 137 ; N. Fréquence de la santé + = 137 ; N. Fréquence du paludisme - = 135 ; N. Fréquence de la santé - = 137). Le nombre est disponible à la demande. Le nombre de personnes appelées par ménage est exploité dans les figures et tableaux suivants.

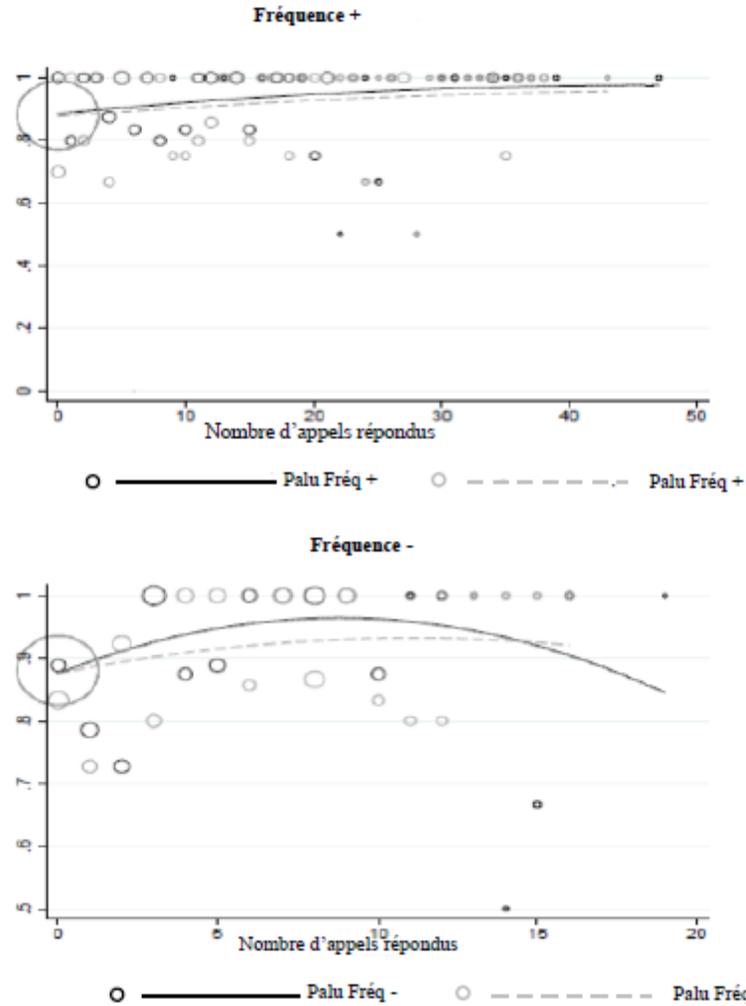


Figure 3. 5 : Utilisation déclarative et nombre d'appels répondus à la fin de l'étude

La taille des cercles reflète la taille relative de l'échantillon à la durée ou au nombre de réponses aux appels téléphoniques. Le plus grand cercle comprend par exemple, le groupe de contrôle. Les lignes sont des ajustements quadratiques. Chaque appel a duré environ 15 secondes. L'échantillon comprend 886 ménages avec des données GPS valides dans les 4 zones échantillonnées.

(a) Zones d'enquêtes

(b) Ménages d'enquêtes

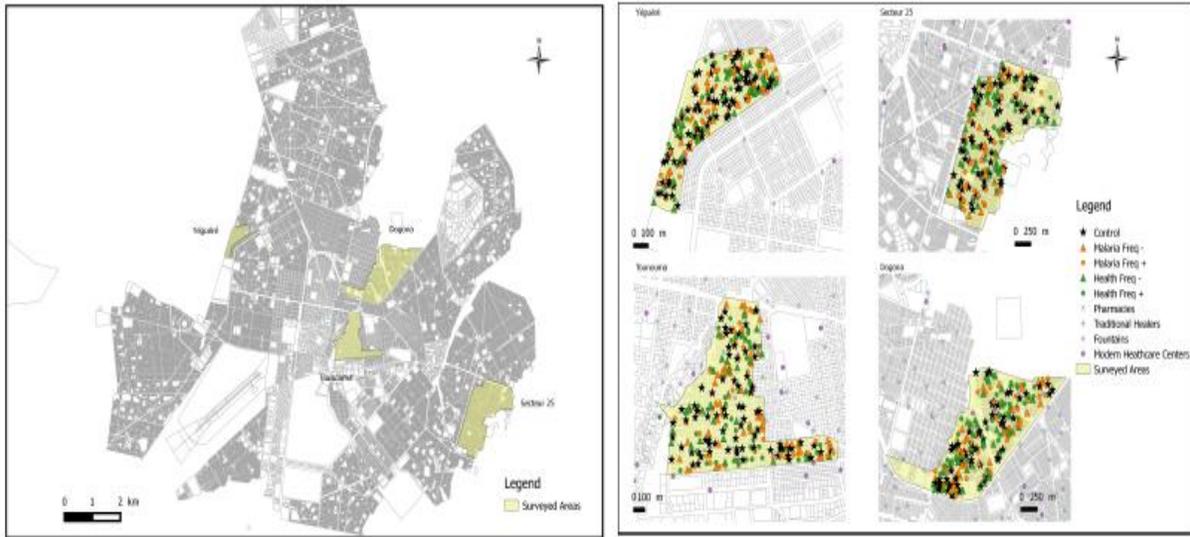


Figure 3. A 1 : Cartes des quartiers d'études

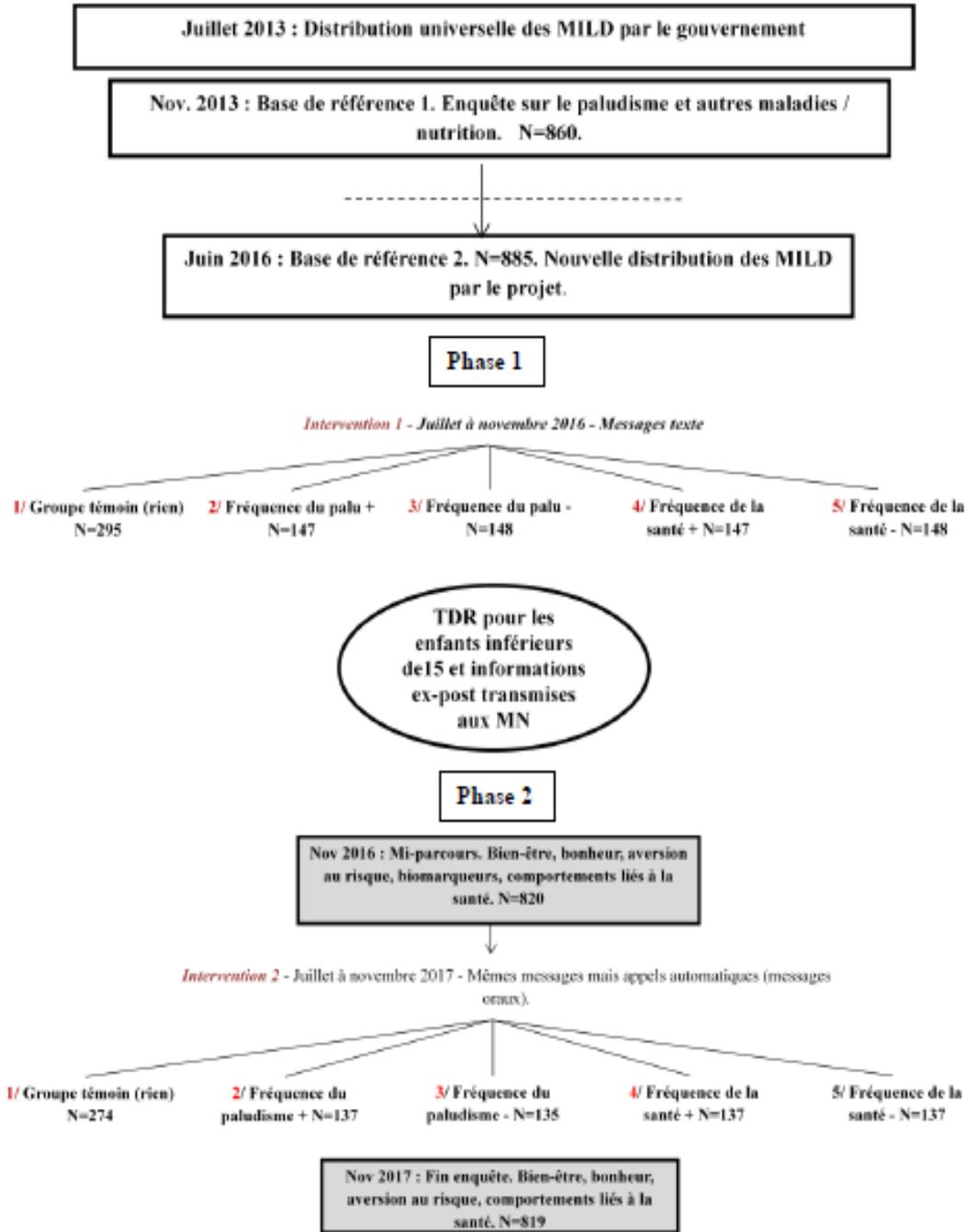


Figure 3. A 2 : Protocole de mise en œuvre

HOBO® Pendant® G Acceleration Data Logger (UA-004-64) Manual **HOBO**
Data Loggers



The HOBO Pendant G Acceleration Data Logger is a waterproof, three-channel logger with 8-bit resolution and can record up to approximately 21,800 combined x-, y-, and z-axis acceleration readings or internal logger events. The logger uses a coupler and optical base station with USB interface for launching and data readout by a computer.

The logger can be used for a wide variety of experiments, demonstrations and field studies by measuring dynamic acceleration resulting from motion, shock, or vibration. It can also detect static acceleration of gravity, making it possible to measure tilt, activity, and inclination.

The logger uses an internal three-axis accelerometer with a range of ± 3 g based on micro-machined silicon sensors consisting of beams that deflect with acceleration. These beams are arranged to act as a variable capacitor. As the beams move, the capacitance changes proportionately. This capacitance change is converted to voltage, filtered and measured by the logger, and displayed in the software in units of g-force.

HOBO Pendant Event Data Logger

Model: UA-004-64

Included Items:

- Mounting Bracket
- Screw

Required Items:

- HOBOWare 2.x or later (go to www.onsetcomp.com/hoboware-free-download)
- USB cable
- Pendant Optic USB Base Station & Coupler (BASE-U-1)
- Optic USB Base Station (BASE-U-4) or HOBO Waterproof Shuttle (U-DTW-1) & Coupler (COUPLER-A)

Specifications

Measurement Range	± 3 g; 29.4 m/s ² (96.5 ft/s ²)
Accuracy	± 0.075 g; 0.735 m/s ² (2.41 ft/s ²) at 25°C (77°F)
	± 0.105 g; 1.03 m/s ² (3.38 ft/s ²) from -20°C to 70°C (-4°F to 158°F)
Resolution	0.025 g; 0.245 m/s ² (0.8 ft/s ²)
Logging Interval	1 second to 18 hours, 12minutes, 15 seconds in Normal mode 0.01 seconds (100 Hz) to 0.99 seconds (1.01 Hz) in Fast mode
Time Accuracy	± 1 minute per month at 25°C (77°F), see Plot A
Operating Range	In water/ice: -20° to 50°C (-4° to 122°F) In air: -20° to 70°C (-4° to 158°F)
Water Depth Rating	30 m from -20° to 20°C (100 ft from -4° to 68°F), see Plot B
Battery Life	1 year typical use in Normal mode; 7 days logging at 0.01 seconds (100 Hz) in Fast mode
Memory	64K bytes (approximately 21.8K combined x-, y-, and z-axis readings or events)
Materials	Polypropylene case; stainless steel screws; Dura-Ni o-ring
Weight	18 g (0.6 oz)
Dimensions	58 x 33 x 23 mm (2.3 x 1.3 x 0.9 inches)
Environmental Rating	IP68



The CE Marking identifies this product as complying with all relevant directives in the European Union (EU).

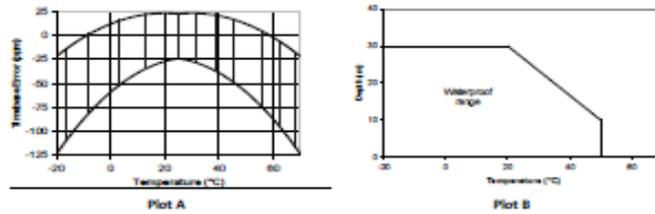


Figure 3. A 3 : Enregistreur de mouvements HOBO Pendant® G

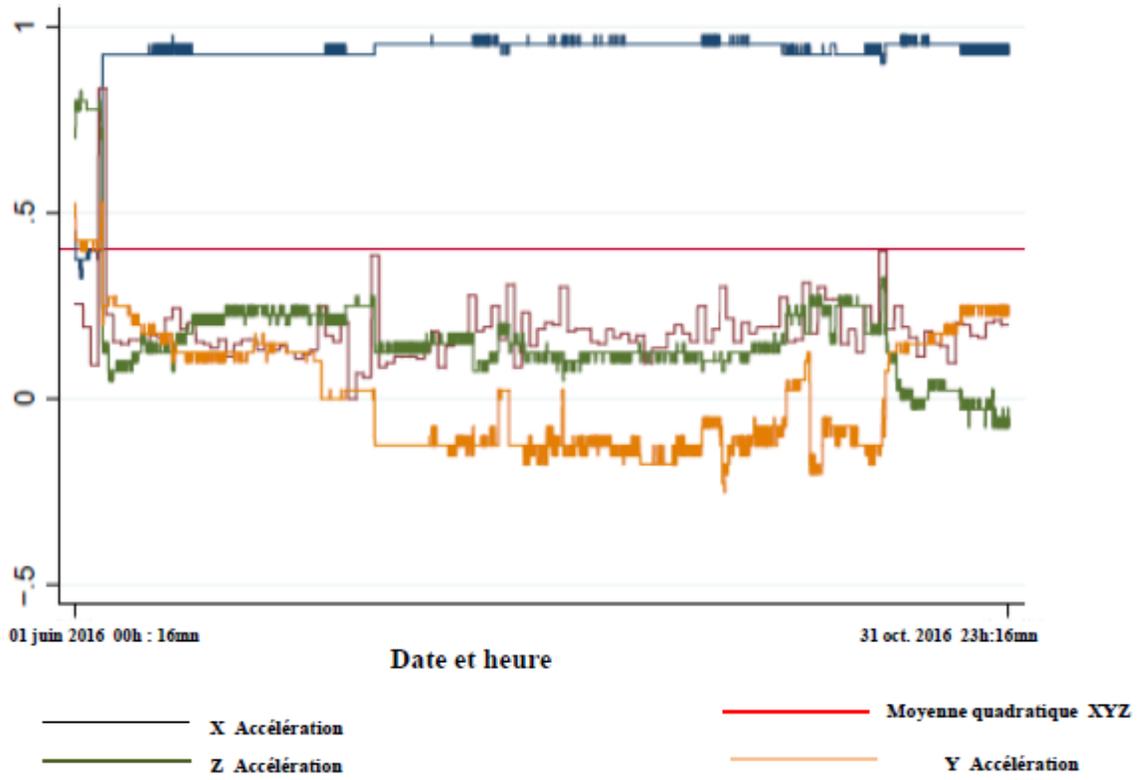


Figure 3.A4- a : Ménage 2 (pleine saison des pluies avec un niveau faible d'utilisation des moustiquaires)

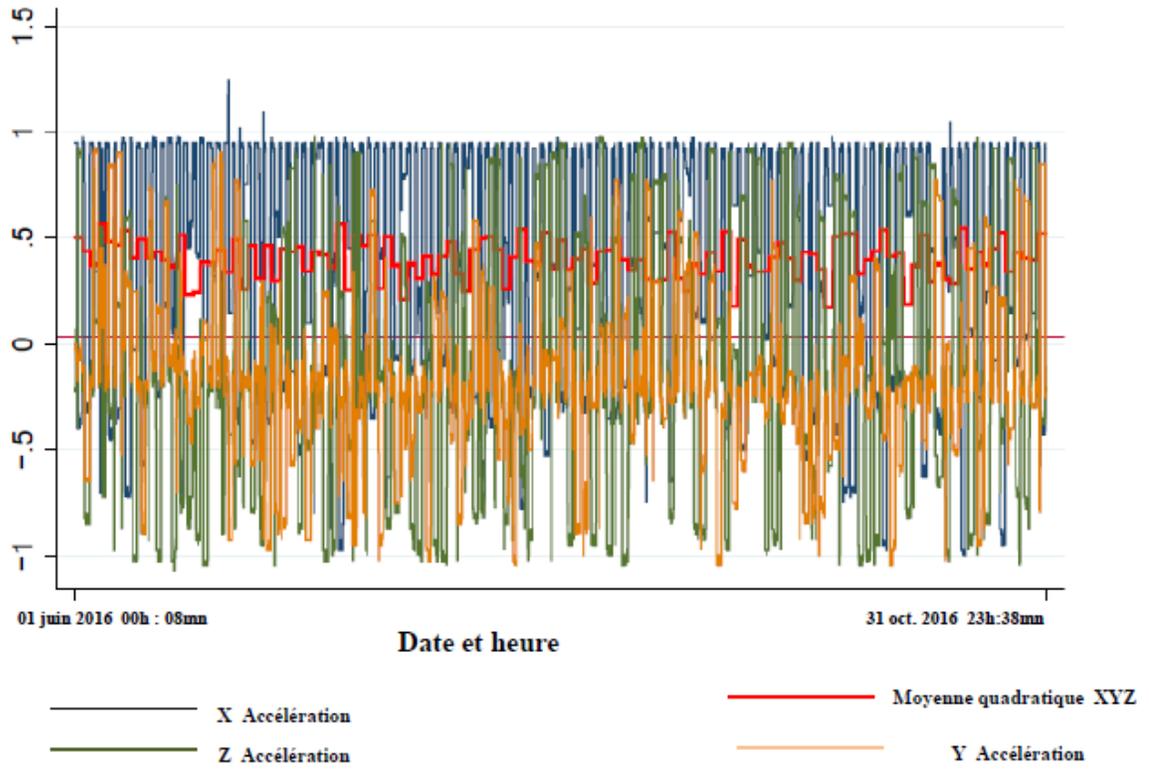


Figure 3.A4- b : Ménage 2 (pleine saison des pluies avec un niveau élevé d'utilisation des moustiquaires)

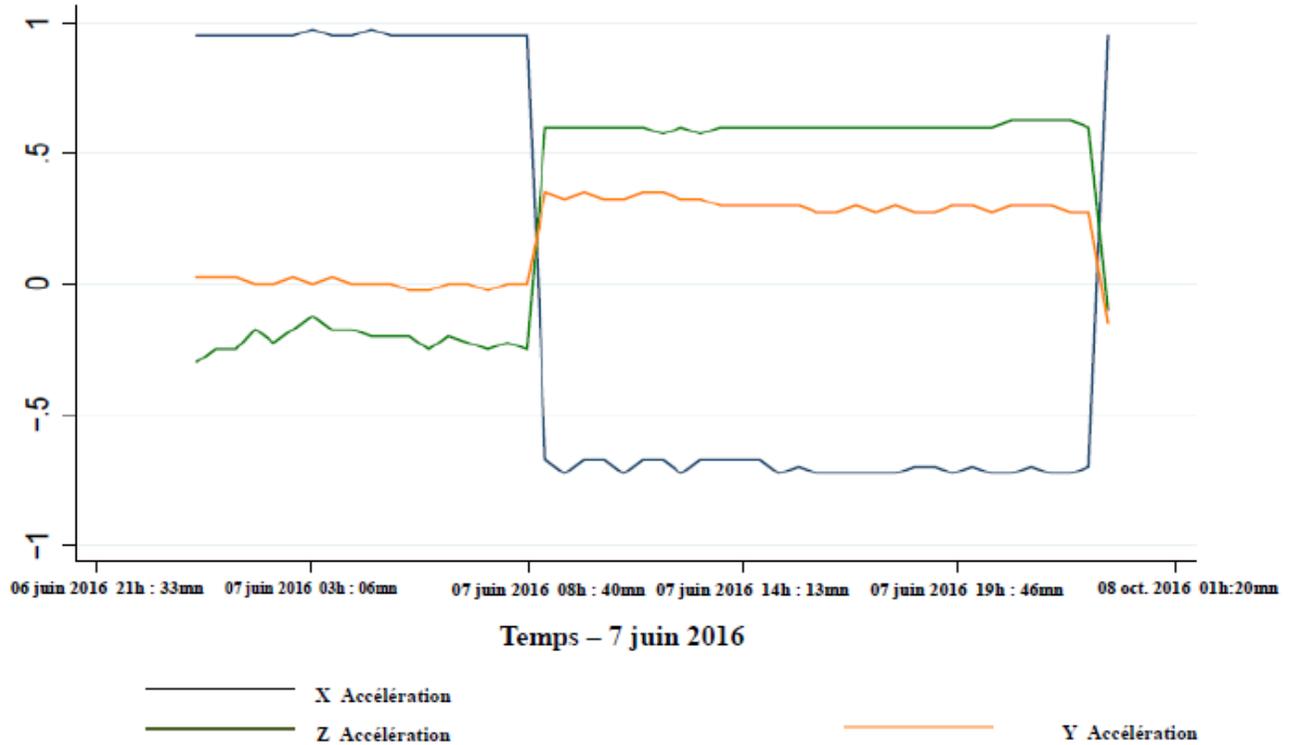


Figure 3.A4- c : Zoom sur 1 jour pour le Ménage 2

Note : Les figures 3. A4a et 3. A4b donnent deux exemples d'utilisation mesurée par les enregistreurs de données au cours de la période de traitement de la phase 1 (du 1er juin au 1er novembre). Les accélérations Y-X-Z sont fournies avec la moyenne quadratique calculée à partir de trois axes. Un seuil de 0,4 a été utilisé selon la procédure décrite à la section 2. La figure A4a représente un modèle type de faible utilisation, tandis que la figure A4b présente un modèle type d'utilisation élevée. La figure A4c zoome sur la figure A4b pendant une journée (7 juillet 2016). Les enregistreurs enregistrent les mouvements toutes les 30 minutes. La figure A4c montre que la moustiquaire est déplacée vers 8h30 (heure de lever pour ce ménage particulier) et vers 22h30 (heure du coucher). Entre-temps, l'enregistreur n'enregistre aucune activité

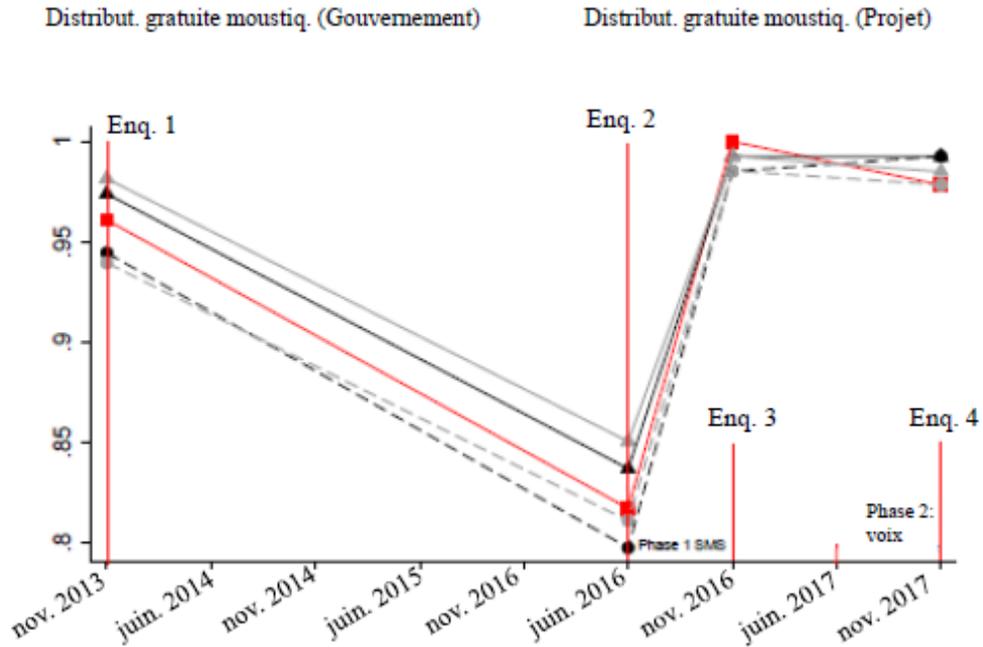


Figure 3. A 5 : Possession au fil du temps (y compris novembre 2013)

La figure A5 étend la figure 3 à la part de l'enquête de référence 1 qui a été choisie au hasard dans la deuxième enquête transversale. A l'exception d'un groupe (Health freq -), les groupes différents suivent une tendance parallèle avant traitement (de novembre 2013 à juin 2016).

Tableau 3.A 1 : Messages

Contenu	
Contrôle	None
Paludisme	Message #1 Le saviez-vous ? Les enfants de moins de 5 ans bénéficient d'un traitement gratuit en cas de paludisme.
Paludisme	Message #2 Le paludisme tue. Pourtant, un enfant sur 4 ne dort toujours pas sous une moustiquaire en Afrique.
Paludisme	Message #3 Pendant la grossesse, pour se protéger efficacement du paludisme, les femmes doivent suivre un traitement de prévention.
Paludisme	Message #4 Dormir sous une moustiquaire permet d'éviter les piqûres des moustiques qui transmettent le paludisme
Paludisme	Message #5 Pour vous protéger efficacement du paludisme, utilisez des répulsifs ou portez des vêtements qui couvrent votre corps le soir et le matin.
Paludisme	Message #6 Pour aider à lutter contre le paludisme, évitez pendant la saison des pluies d'avoir des retenus ou des flaques d'eau à proximité ou dans votre maison
Santé	Message #1 Le saviez-vous ? Faire du sport régulièrement diminue les risques des maladies cardio-vasculaires telles que l'hypertension.
Santé	Message #2 L'abus du tabac et l'excès d'alcool nuisent à votre santé
Santé	Message #3 Ne prenez pas d'autres médicaments que ceux que vous a indiqués votre médecin et tenez tous les médicaments hors de portée des enfants
Santé	Message #4 Un enfant qui se développe bien est un enfant correctement vacciné et bien nourri.
Santé	Message #5 Les mains nous servent pour plusieurs choses. Les laver à la sortie des toilettes et avant les repas nous protège contre plusieurs maladies.
Santé	Message #6 Avoir une belle dentition et des dents saines est possible en ne fournissant qu'un effort de 15 minutes de brossage par jour.

Tableau 3.A 2 : Résultats des enregistreurs de données de mouvements (ITT-Phase 1) :
Groupes

Contenu	Utilisation (appartir d'enregistreurs des données)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Obs par Message envoyé	Tous les jours du 1er Jul. au 31 Oct.	Tous les ménages utilisation moustiquaire en	Jours SMS étaient reçus du 1er Jul. au 31 Oct.	Tous les ménages utilisation moustiquaire
Aucun (ref)	1.352				
Palu. Freq+	832	0.141*** (0.0441)	0.173*** (0.0630)	0.136*** (0.0501)	0.169** (0.0687)
Palu. Freq-	364	0.257*** (0.0370)	0.292*** (0.0552)	0.258*** (0.0314)	0.296*** (0.0500)
Santé Freq+ Nov 2016	676	0.0379 (0.160)	0.0591 (0.166)	0.0355 (0.158)	0.0536 (0.166)
Santé Freq- Nov 2016	780	0.145** (0.0679)	0.0981 (0.0889)	0.149** (0.0688)	0.103 (0.0931)
N. Obs	4.004	9.471	7.749	4.004	3.276
N. MN		79	56	79	56

Note : Estimations de l'équation 1, les groupes remplaçant le contenu. L'utilisation quotidienne est mesurée à la suite de la section 2 (voir aussi l'annexe, figure A4). *, ** et *** indiquent une signification aux niveaux 10, 5, 1%. Les ménages utilisant des moustiquaires en juin 2016 sont ceux qui ont déclaré avoir utilisé la moustiquaire en juin 2016, la veille de l'interview. Les observations par message envoyé sont données pour les jours où les messages texte ont été envoyés.

Tableau 3.A 3 : Utilisation et adoption déclaratoires (Intention de traiter - Phases 1 et 2)

Effet du traitements	Possession moustiq.	Utili. Moustiq.	Adoption
Panel A. Effet du traitement (général)			
Traité Tous Nov 2016	-0.0184 (0.0257)	0.00614 (0.0511)	-0.00915 (0.0299)
Traité Tous Nov 2017	0.00174 (0.0358)	-0.00381 (0.0581)	-0.00265 (0.0358)
Panel B. Effet du traitement (fréquence)			
Freq- Tous Nov 2016	-0.00254 (0.0348)	-0.0291 (0.0776)	-0.0298 (0.0491)
Freq- Tous Nov 2017	0.0197 (0.0484)	-0.0265 (0.0820)	-0.00947 (0.0570)
Freq +Tous Nov 2016	-0.0344 (0.0245)	0.0402 (0.0340)	0.0116 (0.0316)
Freq + Tous + Nov 2017	-0.0163 (0.0267)	0.0179 (0.0419)	0.00420 (0.0269)
Panel C. Effet du traitement (contenu)			
Palu Tous Nov 2016	-0.0256 (0.0225)	0.0107 (0.0543)	-0.00833 (0.0318)
Palu Tous Nov 2017	-0.0109 (0.0292)	-0.0204 (0.0710)	-0.0284 (0.0434)
Santé Tous Nov 2016	-0.0113 (0.0284)	0.00150 (0.0541)	-0.0101 (0.0368)
Santé Tous Nov 2017	0.0144 (0.0418)	0.0128 (0.0548)	0.0232 (0.0449)
Panel D. Effet enregistreur mouvement			
Enregistreur mouvement échantillon 2016	0.0319 (0.0661)	-0.0174 (0.0904)	0.0166 (0.0315)
Enregistreur mouvement échantillon 2017	0.0126 (0.0722)	-0.0307 (0.0643)	-0.0160 (0.0440)
N. Obs	2,524	2,338	2,515

Note : Les écarts-types sont entre parenthèses. *, ** et *** indiquent une signification aux niveaux 10, 5, 1%.

Chapitre 4 : IMPACT ET COUT DES INTERVENTIONS INTEGREES EN SANTE POUR L'AMELIORATION DU DEVELOPPEMENT DE LA PETITE ENFANCE : ESSAI CONTROLE RANDOMISE DANS UNE REGION DU SUD DU MALI, SIKASSO.

INTRODUCTION

Une bonne nutrition, particulièrement de la période de conception à l'âge de deux ans et la stimulation de la petite enfance jouent un rôle essentiel dans le processus de formation et de développement du cerveau (Walker et al. 2011). Les enfants en Afrique subsaharienne sont confrontés à des risques élevés de sous-nutrition et de maladies infectieuses durant la petite enfance, augmentant ainsi, le risque de survenue du retard de croissance avec un impact significatif sur les résultats scolaires. En plus des déficits en matière de santé et de nutrition, l'environnement socioéconomique précaire dans lequel les enfants grandissent leur privent d'une stimulation cognitive et non cognitive précoces. Les faibles niveaux de développement pendant l'enfance sont associés à de faibles niveaux de participation et de performances scolaires, à une faible capacité de gain et à la perpétuation de la transmission de la pauvreté d'une génération à l'autre. La petite enfance est une période de croissance et de développement rapide, les interventions menées au cours de cette période pourraient avoir des avantages substantiels dans plusieurs domaines du développement notamment physique, cognitif, linguistique et socio-affectif. Il n'existe pas de preuves sur la manière de lutter efficacement contre les causes sous-jacentes de la dénutrition et d'améliorer le développement de l'enfant grâce à des interventions intégrées associant le contrôle des maladies, l'amélioration de la nutrition et la stimulation cognitive chez les jeunes enfants en Afrique subsaharienne et dans d'autres zones à faible revenu (Engle et al. 2011; Lake 2011; Ruel and Alderman 2013).

Les programmes de développement de la petite enfance (DPE) prennent de plus en plus d'ampleur en Afrique. Des programmes communautaires de DPE en milieu rural défavorisé sont mis en place dans un certain nombre de pays, y compris le Mali. On a constaté que la fréquentation des centres de développement de la petite enfance (CDPE) en milieu rural améliorerait considérablement les dimensions fondamentales du développement des enfants et leur préparation à la scolarisation, notamment en ce qui concerne les capacités cognitives et la résolution de problèmes, la motricité fine et les résultats socio-émotionnels et comportementaux, et conduisait à une augmentation significative de la scolarisation à l'âge approprié (Sebastian Martinez, Sophie Naudeau 2012). Cependant, les impacts sur la communication et le développement du langage se sont avérés plus limités, en partie du fait que, de nombreux enfants sont arrivés dans les centres de CDPE avec des retards de croissance physique et de

développement de vocabulaire importants. Cette constatation dénote la nécessité d'élargir les programmes de CDPE afin d'inclure des interventions en matière de santé, de nutrition et de stimulation précoce en commençant beaucoup plus tôt dans la vie.

Le fer joue un rôle important dans le fonctionnement du cerveau (Sebastian Martinez, Sophie Naudeau 2012) et les interventions visant à réduire la carence en fer et l'anémie peuvent améliorer les fonctions cognitives et l'apprentissage (Seshadri and Gopaldas 1989; Soemantri, Pollitt, and Kim 1985; Stoltzfus et al. 2001). Les carences en vitamines et en minéraux surviennent souvent simultanément. Les effets combinés des carences en vitamines et en éléments minéraux pendant la période de conception jusqu'à l'âge de 23 mois pourraient être associées à une augmentation de la mortalité et de la morbidité néonatales, ainsi qu'à des conséquences physiques et cognitives négatives irréversibles (WHO, 2011). Dans les pays où les régimes alimentaires sont principalement à base de céréales, les quantités de micronutriments essentiels permettant de couvrir les apports nutritionnels recommandés chez les enfants d'âge préscolaire sont généralement insuffisantes et le coût d'inclure des aliments d'origine animale dans le régime alimentaire pour combler le déficit en éléments nutritifs est souvent prohibitif pour les ménages les plus pauvres, dont les enfants sont les plus concernés. Le paludisme est une autre cause majeure d'anémie (White 2018). Bien que l'effet délétère du paludisme cérébral entraînant des lésions et des troubles de l'apprentissage à long terme soit bien connu (Carter et al. 2005), il est de plus en plus évident que le paludisme asymptomatique peut également affecter les performances cognitives (Clarke et al. 2008; Nankabirwa et al. 2013; Josselin Thuilliez et al. 2010). Ceci nécessite une approche pluridisciplinaire pour lutter contre les effets combinés de la sous-nutrition, de l'anémie et du paludisme chez les jeunes enfants.

Les programmes préscolaires et de DPE offrent une nouvelle opportunité de mobiliser les communautés et d'atteindre les enfants de moins de cinq ans, tant ceux qui fréquentent le centre que les enfants plus jeunes (0-2 ans) par des services de santé et de nutrition. Bien que l'accès aux écoles maternelles en Afrique soit encore limité, le programme de CDPE gagne du terrain et l'engagement politique d'améliorer la couverture s'est considérablement accru ces dix dernières années. À mesure que l'accès augmentera, la capacité des établissements préscolaires d'améliorer la couverture des services de santé et de nutrition pour les enfants de moins de cinq ans augmente. Combiner les interventions nutritionnelles et de santé avec les interventions de

développement de la petite enfance peut être synergique et peut aider à renforcer les capacités physiques et mentales (Sebastian Martinez, Sophie Naudeau 2012). Les enfants en bonne santé peuvent également tirer profit davantage de la stimulation mentale et des possibilités d'apprentissage précoce offertes à travers des programmes de DPE et durant les années préscolaires.

En 2013, Save the Children et ses partenaires nationaux ont introduit un programme intégré de prévention du paludisme, de la parentalité et de la nutrition dans les villages dotés de centres préscolaires communautaires au sud du Mali. En combinant deux interventions récemment recommandées, la chimio-prévention du paludisme saisonnier et l'enrichissement à domicile des aliments avec des micronutriments, le programme visait à réduire l'incidence du paludisme clinique, la prévalence de l'anémie et du retard de croissance et améliorer le développement cognitif des enfants de moins de 5 ans (Dicko et al. 2011; Engle et al. 2011; WHO 2012). Le programme qui ciblait tous les enfants de moins de cinq ans de la communauté a été mis en œuvre à travers les centres de développement de la petite enfance à base communautaire, précédemment mis en place par Save the Children dans la zone d'étude.

Aucune étude, jusqu'à présent, n'a été réalisée sur l'impact combiné des interventions nutritionnelle et antipaludique sur le développement de la petite enfance. Si les gains substantiels qu'apportent ces interventions en termes de survie et de croissance physique sont bien connus, leurs avantages, pour le développement cognitif et linguistique ne le sont pas. La plupart des essais d'intervention portent généralement sur les résultats en matière de santé ou d'éducation, rarement les deux. L'impact d'un ensemble intégré d'interventions de CDPE, de lutte contre le paludisme et de nutrition sur le développement physique et cognitif d'un enfant au cours des cinq premières années de sa vie et sur l'apprentissage au moment de la première année de scolarisation des enfants n'a pas encore été examiné. Cette étude visait à combler cette lacune en matière de connaissances, tout en apportant la preuve de la faisabilité opérationnelle et de la rentabilité de l'approche.

J'ai participé à la collecte de données de cette étude sur la phase de coût-efficacité et ai coordonné toute la collecte de coût en lien avec la Banque Mondiale et le Cornerstone Economic Research l'institut qui a développé le modèle d'analyse de coûts. J'ai été invité par l'institut

Brookings à Washington pour présenter les résultats de cette étude qui ont fait l'objet d'un rapport de cet institut.

Le chapitre est organisé comme suivant. La section 1, décrit les contextes et la justification de l'étude, la section 2 fait ressortir la motivation. Les hypothèses et objectifs sont décrites respectivement dans les sections 3 et 4. Les méthodes d'enquête, statistiques et d'évaluation des coûts sont décrites respectivement dans les sections 5, 6 et 7. Les considérations éthiques sont décrites dans la section 8. La discussion et la conclusion sont faites dans la section 10. Enfin, Les limites de l'étude sont citées dans la section 11.

4.1. Contexte et justification

Dans le monde, il est estimé 273 millions (43%) d'enfants d'âge préscolaire qui souffraient d'anémie (Grantham-McGregor, Cheung, Cueto, Glewwe, Richter, and Strupp 2007), une situation largement sous-estimée qui entraîne des effets physiques et cognitifs néfastes irréversibles et qui ont des conséquences à long terme sur la santé, la productivité et la croissance économique. On pense que la carence en fer est la cause la plus fréquente d'anémie dans le monde. Cependant, d'autres affections telles que les carences en folate, en vitamine B12 et en vitamine A, les inflammations chroniques, les infections parasitaires telles que le paludisme, l'ankylostome et la schistosomiase, ainsi que les causes héréditaires peuvent toutes causer une anémie. L'anémie étant multi-causale, bien que les interventions individuelles de lutte contre l'anémie puissent chacune apporter des gains significatifs, on pourrait s'attendre à un impact accru de la combinaison des interventions. Elles pourraient aussi apporter des avantages supplémentaires à l'éducation en augmentant la capacité d'apprentissage des enfants.

Le Mali est l'un des pays les moins avancés au monde, classé au 182^{ème} rang sur 187 selon l'Indice de développement humain (PNUD 2018), avec des taux de prévalence d'anémie et de paludisme parmi les plus élevés au monde. La région de Sikasso, située dans le sud du Mali, est considérée comme le grenier du pays. C'est pourtant la région qui connaît le taux de malnutrition le plus élevé : 45% des enfants de moins de 5 ans présentent un retard de croissance, 16% sont émaciés et 88% sont anémiés. C'est également la zone où la prévalence du paludisme est la plus élevée selon l'enquête démographique et de santé de 2018 (PNLP, INSAT, INFO-STAT, INRSP

2019). Le paludisme représentait 51% des consultations externes parmi les enfants de moins de cinq ans et constitue la principale cause de morbidité et de mortalité chez les enfants (President Malaria Initiative, 2012). Conjointement à la supplémentation en vitamine A, un traitement de masse contre les géohelminthes dont l'ankylostome qui provoque l'anémie, est administré annuellement aux enfants d'âge préscolaire et scolaire. L'accès au diagnostic et au traitement antipaludique dans les communautés isolées s'est considérablement amélioré dans cette région au cours de la dernière décennie grâce au renforcement de la gestion intégrée des cas au niveau communautaire (Winch et al. 2008). Ces progrès n'empêchent pas la survenue des cas, ni celle du paludisme asymptomatique. Les approches préventives telles que les moustiquaires imprégnées d'insecticide et la CPS sont donc essentielles pour réduire le risque du paludisme chez les jeunes enfants. À la suite de la recommandation de politique de l'OMS en 2012, le gouvernement malien a approuvé un plan national visant à déployer la CPS dans neuf districts en 2013, 47 en 2014 et dans tout le pays en 2015. A cette fin, des comités ont été mis en place, les services de santé publics ont été équipés pour mener un suivi régulier des enfants grâce à son réseau de centres de santé communautaires, d'agents et de volontaires. Néanmoins, la couverture reste inégale et incomplète. Identifier des approches communautaires efficaces pour réduire l'incidence de la malnutrition par le biais de meilleures pratiques d'alimentation et d'une supplémentation en micronutriments est donc tout aussi essentiel pour lutter contre les effets combinés du paludisme, de l'anémie et de la sous-nutrition chez les jeunes enfants.

Bien que l'éducation préscolaire existe au Mali depuis des décennies, elle n'était jusqu'à tout récemment accessible qu'aux communautés urbaines les plus riches et l'accès à une éducation préscolaire sous toutes ses formes était encore très faible en 2008 (4,2%). Une politique nationale de CDPE a été validée en 2011, promouvant une approche globale, intégrée, et interactive de l'éducation préscolaire au Mali (Ministère de l'Education, 2011). Une direction de l'éducation préscolaire et spécialisée a été mise en place et un groupe de travail national sur le CDPE a été créé. La politique visait à porter l'éducation préscolaire à 15% d'ici 2020 et à atteindre 100% des effectifs de première année d'ici 2015, grâce à un meilleur accès aux centres de développement de la petite enfance (CDPE) et à la promotion de l'éducation parentale afin d'accroître l'utilisation de l'éducation préscolaire, des services de santé essentiels et amélioration des pratiques parentales (MEAIPLN, 2013).

Le développement de programmes préscolaires et de programmes de DPE au Mali offre de nouvelles possibilités de mobiliser les communautés et les parents, afin d'atteindre les enfants de moins de cinq ans, ceux qui fréquentent le centre ainsi que les frères et sœurs plus jeunes (0-2 ans), avec des services de santé et de nutrition essentiels.

4.2.Motivations de l'étude au Mali

4.2.1. Programmes antérieurs de Save the Children pour améliorer la santé des enfants dans les écoles primaires et les centres de CDPE au Mali

Save the Children travaille au Mali depuis 1987 en soutenant des programmes de santé et d'éducation à travers le renforcement des capacités et des systèmes de la communauté; et a acquis une reconnaissance nationale et internationale pour ses efforts visant à améliorer la santé communautaire, grâce à la création de centres de santé communautaires (CSCoM) et à la gestion de cas communautaire intégrée (Winch et al. 2008). Du point de vue de l'éducation, Save the Children a été le premier à adopter l'approche des écoles communautaires préconisée par l'Etat et a soutenu son développement dans l'ensemble de la région de Sikasso, ce qui a contribué à l'amélioration du taux de scolarisation. Les écoles communautaires font maintenant partie intégrante du système éducatif national du Mali. Save the Children utilise une approche en six étapes pour la mobilisation de la communauté, appelée cycle d'action communautaire, qui garantit l'appropriation de la communauté, sa pertinence locale et la promotion de sa durabilité à long terme. Save the Children entretient des relations bien établies avec le gouvernement malien, en particulier les ministères de la santé et de l'éducation, aux niveaux national, régional et local.

Deux essais contrôlés randomisés ont déjà été menés dans des écoles, avec le partenaire de recherche de longue date, l'Institut National de Recherche en Santé Publique (INRSP), pour évaluer l'impact d'une supplémentation en fer intermittente associée à un vermifuge et une supplémentation en vitamines (Hall et al. 2002). Plus récemment une stratégie innovante de contrôle du paludisme en collaboration avec la London School of Hygiene and Tropical Medicine (LSHTM), l'INRSP et l'Université Paris Sorbonne ont évalué l'impact de la promotion et de la

distribution en milieu scolaire des moustiquaires imprégnées d'insecticide, complétées par une clairance intermittente des parasites (un traitement unique administré à tous les écoliers au début de l'année scolaire) (Clarke et al. 2008). Les résultats ont montré que, les enfants traités pour le paludisme à la fin de la saison de transmission du paludisme (décembre) étaient restés en grande partie avec une parasitémie nulle et moins susceptibles d'être anémiques jusqu'à la fin de l'année scolaire (mai-juin). Les enfants traités ont également obtenu des résultats significativement plus élevés sur une tâche d'attention soutenue suggérant une amélioration de la fonction cognitive. Sur la base de ces résultats, nous avons postulé que la chimioprévention du paludisme saisonnier recommandée pour les enfants de moins de cinq ans pourrait de la même manière prévenir l'anémie et améliorer la fonction cognitive et l'apprentissage dans la petite enfance. Ces études antérieures ont donc ouvert, la voie à l'étude actuelle dans les centres de CDPE en fournissant un modèle similaire des avantages potentiels pour la santé et les éléments cognitifs pouvant découler d'une intervention similaire chez les enfants plus jeunes, tandis que, les relations de travail avec les partenaires académiques et gouvernementaux concernés au Mali et en dehors du Mali, ainsi que l'argumentation pour un plaidoyer sur la nécessité de lutter contre le paludisme, la dénutrition et l'anémie pour soutenir les objectifs de santé et d'éducation, étaient déjà en place.

En 2008, Save the Children a lancé son programme de protection et de développement de la petite enfance. En 2013, on comptait 75 écoles maternelles communautaires dans les cercles de Sikasso et de Yorosso. De même, Save the Children a joué un rôle déterminant dans la nouvelle société parentale nationale.

4.2.2. Historique du projet

Une première étude d'un ensemble intégré d'interventions chez les enfants d'âge préscolaire, associant la CPS et l'enrichissement à domicile avec des poudres de micronutriments (PMN), a été menée en 2013-2014 dans 90 villages des cercles administratifs de Sikasso et de Yorosso. Le but de cette première étude, financée par UBS Optimus Foundation et Save the Children, était d'évaluer l'impact à court terme immédiat de l'ensemble des interventions sur la santé et le développement des enfants âgés de 3 et 5 ans après 12 mois intervention. . Sur les 90 villages, 60 sont dotés de centres de CDPE, ils ont été répartis de façon aléatoire en deux groupes :

intervention ou contrôle. Les enfants des villages du groupe d'intervention ont reçu des CPS et l'enrichissement à domicile avec des PMN ; les enfants des villages du groupe témoin n'ont rien reçu. Le troisième groupe constitué des 30 villages sans centre de DPE (non randomisés) a été sélectionné pour évaluer le programme de CDPE. En mai 2014, des enquêtes ont été menées pour comparer l'état nutritionnel (anémie, taille et poids), la prévalence du paludisme et les indicateurs de développement de l'enfant dans les trois groupes. L'enquête a montré une réduction significative de la prévalence de la parasitémie palustre, mais aucun effet sur l'anémie ou la fonction cognitive après un an d'intervention (Save the Children, 2015). Après les enquêtes de 2014, la CPS a été étendue aux 90 villages étudiés, dans le cadre de la mise à niveau national par le ministère de la Santé. Save the Children a poursuivi ses efforts pour identifier et mettre en œuvre des améliorations dans la composante nutritionnelle de l'intervention et les enfants des 30 villages d'intervention d'origine ont continué à recevoir des PMN chaque année au cours des trois années suivantes. En octobre 2015, l'éducation parentale, y compris la stimulation cognitive des enfants, a également été ajoutée au programme de CDPE dans les groupes d'intervention et de contrôle (villages dotés de centres de CDPE), visant tous les parents d'enfants âgés de 0 à 5 ans dans la communauté.

Le financement du Fonds d'évaluation de l'impact stratégique (SIEF) de la Banque mondiale a permis de prolonger l'étude afin d'évaluer l'impact des interventions sur la santé, la nutrition et le développement de l'enfant à long terme. Ainsi, une deuxième enquête a été menée en mai 2016 sur les enfants examinés en 2014, afin d'évaluer l'impact des interventions de santé (CPS + PMN), ainsi que du programme de développement de la petite enfance. La deuxième phase de l'étude est basée sur la conception du premier essai contrôlé randomisé en grappes utilisé lors de la première phase. Cette deuxième phase a été réalisée dans les mêmes 60 communautés dotées de centres de CDPE afin d'examiner l'impact sur le paludisme, l'anémie, la croissance, la fonction cognitive (attention) et les résultats scolaires précoces (connaissances et compétences de base liées à l'alphabétisation linguistique et au calcul), permettant d'évaluer la «valeur ajoutée» d'un programme de fortification à domicile utilisant des PMN par rapport à une intervention CPS + parentale seule. L'étude évalue également le coût et la faisabilité de l'utilisation de centres de CDPE communautaires en tant que plate-forme principale pour la fourniture de services de santé et de nutrition aux enfants de moins de cinq ans. Parallèlement à l'essai randomisé de PMN, la même batterie de tests cognitifs a été utilisée pour évaluer les enfants du troisième groupe de

comparaison, composé de 30 villages sans centres de CDPE (non randomisés) afin d'évaluer l'impact du programme de CDPE et du programme parental sur le développement de l'enfant.

L'évaluation de l'étude financée par le SIEF, intitulée Projet «Jigifa», qui signifie «comblent l'espoir», a été réalisée en partenariat avec de nombreux partenaires dont pour les principaux la LSHTM, l'INRSP, le MRTC de l'Université de Bamako et l'Université Paris-Sorbonne.

4.3. Hypothèses de recherches

L'enrichissement à domicile en micronutriments et en chimioprévention du paludisme saisonnier, associé à la programmation du CDPE et à l'éducation parentale, contribuera à a) réduire l'incidence du paludisme clinique, la prévalence de l'anémie et du retard de croissance chez les enfants de moins de cinq ans et b) à améliorer le développement cognitif et la maturité scolaire (figure 4.1).

4.4. Objectifs

4.4.1. Objectifs principaux

- Comparer la prévalence de l'anémie (**critère biomédical primaire**), la prévalence de la carence en fer et la concentration moyenne en hémoglobine chez les enfants résidant dans les villages recevant une intervention de PMN combinée avec la CPS et les enfants résidant dans les villages recevant de la CPS uniquement, après trois ans d'intervention ;
- Comparer la prévalence du retard de croissance, de l'émaciation et de l'insuffisance pondérale chez les enfants résidant dans les villages d'intervention et villages témoins, après trois ans de mise en œuvre ;
- Comparer l'impact sur le développement de l'enfant de 3 ans, 5 ans et 7 ans en évaluant les compétences de base cognitives pour l'apprentissage (critère principal du développement), les compétences de langage et d'autres aspects de la maturité scolaire des enfants participant à l'intervention, dans les villages soumis au contrôle de CDPE et dans d'autres domaines. Communautés de CDPE (sans CDPE et éducation parentale)

- Estimer les coûts différentiels et la rentabilité de l'ajout de la supplémentation en micronutriments à la pratique actuelle (chimio-prévention du paludisme saisonnier) dans les communautés de CDPE et non-CDPE.

4.4.2. Objectifs secondaires

- Évaluer l'efficacité et la faisabilité de l'utilisation des centres de CDPE en tant que plateforme communautaire pour fournir une supplémentation en micronutriments, y compris les niveaux de couverture atteints et l'équité de l'approche ;
- Comparer la proportion d'enfants qui passent à l'école primaire à l'âge approprié (avant l'âge de 6 ans) en octobre de chaque année au cours de l'intervention, dans les villages où le CDPE est contrôlé et dans les communautés autres que le CDPE ;
- Examiner l'effet de l'intervention parentale sur les résultats intermédiaires, tels que les pratiques parentales et l'environnement familial, afin de soutenir la santé, la nutrition et le développement cognitif.

4.5. Matériel et méthode

4.5.1. Site d'étude

L'étude a été réalisée dans les cercles administratifs de Sikasso et Yorosso dans la région de Sikasso, au sud du Mali, qui a la plus forte pluviométrie et la plus grande production agricole (figure 4.1). On l'appelle souvent le grenier céréalier du Mali, mais c'est aussi la région où le taux de malnutrition est le plus élevé, 40 % des enfants de moins de 5 ans souffrent d'un retard de croissance, 13 % d'émaciation et 85 % d'anémie. C'est aussi la région où le paludisme est le plus prévalent, avec 62 % des enfants de 6 à 59 mois infectés, contre 52 % pour l'ensemble du pays (Ministère de la Santé, Mali 2010).

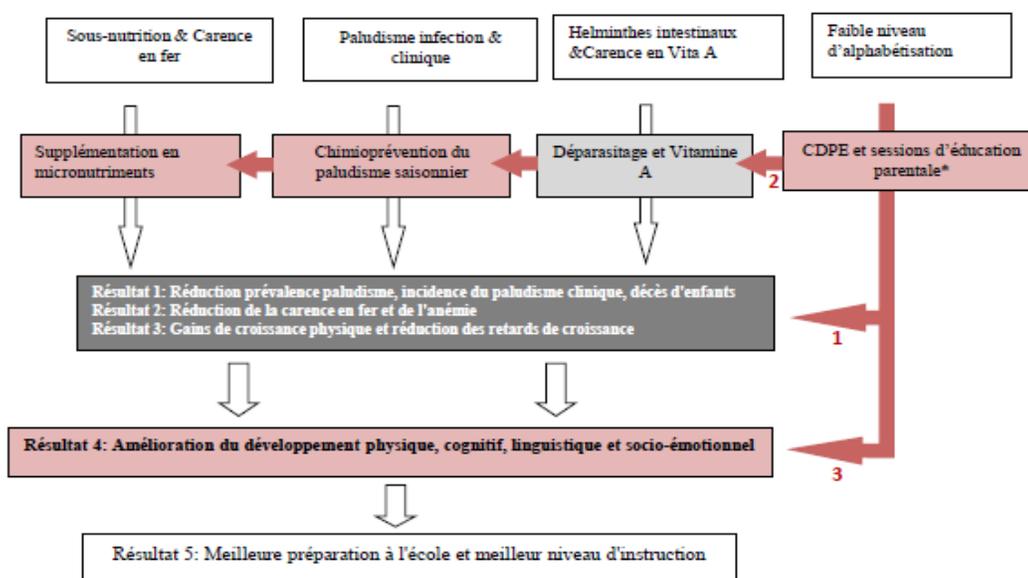


Figure 4. 1 : Hypothèses des canaux de l'effet causal

Note : Les cases rouges sont traitées dans le cadre du projet et les cases grises dans le cadre des programmes gouvernementaux existants (journées de la santé des enfants). * Étant donné que les séances sur l'éducation parentale comprennent des messages sur les pratiques nutritionnelles de l'enfant, ainsi que sur la façon dont l'environnement familial peut être enrichi pour l'apprentissage et l'interaction parent-enfant, cette intervention peut influencer un certain nombre de points dans la chaîne causale : par (1) une meilleure connaissance des bonnes pratiques alimentaires chez les parents ; un meilleur apport alimentaire des enfants ; (2) une meilleure adoption et conformité des trois interventions sanitaires énumérées ci-dessus ; et (3) une stimulation cognitive et linguistique des enfants améliorée, et un développement socio-émotionnel.

Le cercle de Sikasso s'étend sur 15 000 km² et compte près de 800 000 habitants. Elle abrite la deuxième plus grande ville du Mali, Sikasso, qui s'est rapidement développée ces dernières années avec l'immigration en provenance de Côte d'Ivoire et du Burkina Faso. Le cercle de Yorosso a une superficie 5 500 km². Les principaux groupes ethniques sont les Senoufo, les Samago et les Bambara, dont l'économie locale repose essentiellement sur l'agriculture (coton, pommes de terre, mangue, millet et tubercules). Le taux de scolarisation dans le primaire était de 59% en 2016.

Le programme de parrainage d'enfants de Save the Children fonctionne dans le cercle de Sikasso depuis 2007 et dans le cercle de Yorosso depuis 2008. Ce programme comprend cinq domaines : développement de la petite enfance, éducation de base, santé et nutrition scolaires, santé sexuelle

et reproductive des adolescents, moyens de subsistance. Le principe de Save the Children consiste à travailler en partenariat avec le gouvernement, le monde universitaire et la société civile pour rassembler des preuves et les utiliser pour plaider en faveur d'une intensification des activités. Le programme de parrainage touche maintenant 40 communes avec 92 241 enfants dans les deux cercles et le programme de DPE touche 75 communautés.

4.5.2. Population bénéficiaire cible de l'intervention

- L'infrastructure communautaire établie et/ou l'infrastructure de DPE ont été utilisées pour fournir les interventions sur le paludisme, la nutrition et le l'éducation parentale à tous les enfants résidant dans la communauté, y compris les enfants qui ne sont pas inscrits à un programme de DPE (PDPE). La population cible des interventions comprenait donc tous les enfants âgés de 3 mois à 5 ans, résidant dans les 90 communautés qui ont accepté de participer à l'étude de 2014 (figure 4.3).
- Tous les enfants de ce groupe d'âge vivant dans les 30 communautés ayant des CDPE qui ont mis en œuvre l'intervention PMN (bras d'intervention) étaient éligibles pour recevoir les micronutriments en poudre.
- Le CPS a été mise en œuvre dans les 90 communautés (les trois groupes) depuis août 2014 et l'intervention parentale mise en œuvre dans les 60 communautés dotées d'un CDPE (groupes intervention et groupe de contrôle du DPE) depuis octobre 2015.

4.5.3. Evaluation de l'impact

4.5.3.1. Plan de l'essai

Il s'agissait d'un essai ouvert, contrôlé et randomisé en grappes pour investiguer les résultats sanitaires et éducatifs des programmes de la CPS et de la supplémentation en micronutriments dans 90 communautés du sud du Mali à travers des CDPE. L'objectif de l'étude est d'évaluer l'efficacité de ces interventions pour améliorer la santé et le développement des enfants de moins de cinq ans.

L'étude globale comprend trois groupes : deux groupes randomisés et un autre groupe non randomisé, comme le résume la figure 3 ci-dessous.

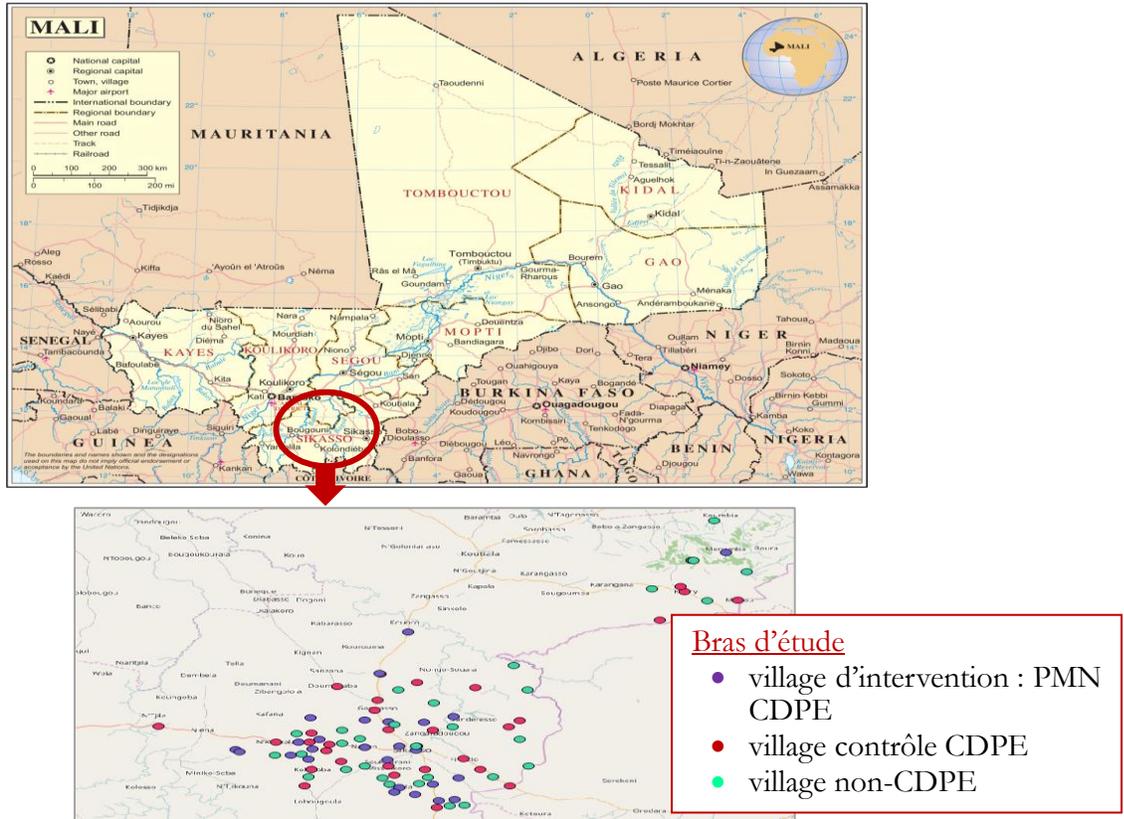


Figure 4. 2 : Localisation des villages d'étude dans la région de Sikasso, au sud du Mali

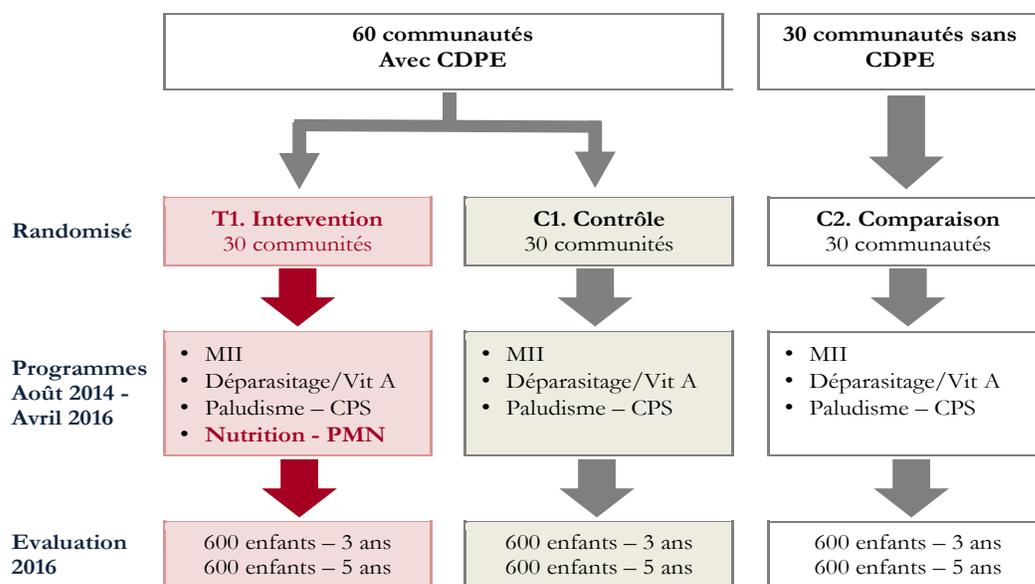


Figure 4. 3 : Groupes de traitement et de comparaison, et intervention(s) reçue(s) par chaque groupe

Les deux bras randomisés comprennent des enfants résidant dans 60 communautés rurales avec des centres de DPE fonctionnels dans les cercles de Sikasso et Yorosso. Sur ces 60 villages, 30 ont été répartis au hasard en 2013 pour recevoir l'ensemble des interventions, y compris la supplémentation en micronutriments [groupe d'intervention, T1], et 30 ont été répartis au hasard dans le groupe témoin de pratique actuel [groupe de contrôle de CDPE, C1]. Ainsi, en mai 2016, les enfants résidant dans les villages d'intervention avaient reçu des PMN pendant 3 années consécutives.

- En même temps, un troisième groupe de 30 communautés non membres de CDPE a également été recruté pour évaluer l'impact du programme de formation des parents dans les CDPE [groupe contrôle non membre de CDPE, C2].
- Tous les groupes ont reçu de la CPS, le déparasitage et la vitamine A, conformément à la politique nationale (pratique actuelle).

Les interventions que chaque groupe a reçues sont résumées dans le tableau 4.I ci-dessous.

T1 vs C1 : L'évaluation d'impact est principalement axée sur la comparaison statistique des points finaux de l'essai entre les deux bras randomisés de l'essai.

L'affectation aléatoire des communautés ayant des centres de CDPE aux groupes T1 (intervention) et C1 (groupe de contrôle de CDPE C1, groupe de pratique actuel C2) génère un

groupe de comparaison aléatoire servant de contrefactuel, permet d'éviter le biais de sélection et de minimiser les risques de confusion entre le groupe d'intervention et le groupe de contrôle (Duflo, Esther Kremer 2005). La randomisation garantit que ces communautés sont comparables à tous égards, à l'exception de l'intervention d'intérêt, afin d'évaluer l'impact de l'ajout de PMN à l'ensemble d'interventions minimales des CPS et de la parentalité dans les communautés de CDPE. Les résultats sont généralisables aux communautés ayant un centre de CDPE.

Tableau 4. I : Résumé des interventions par groupe d'étude : 2014-2016

T1. Groupe Intervention	<ul style="list-style-type: none"> • Fortification avec des poudres de micronutriments à domicile • CDPE centres et éducation parentale • Chimio-prévention du paludisme saisonnier • Déparasitage et Vitamine A (Par le gouvernement)
C1. CDPE groupe de contrôle (pratique actuelle)	<ul style="list-style-type: none"> • CDPE centres et éducation parentale • Chimio-prévention du paludisme saisonnier • Déparasitage et Vitamine A (Par le gouvernement)
C2. Non-CDPE groupe de comparaison (pratique actuelle)	<ul style="list-style-type: none"> • Chimio-prévention du paludisme saisonnier • Déparasitage et Vitamine A

L'évaluation des résultats chez les enfants vivant dans des communautés de comparaison non liées au CDPE (C2) permet de répondre à la question de recherche supplémentaire suivante :

C1 vs C2 : l'inclusion du groupe de comparaison sans CDPE offre également une occasion supplémentaire d'examiner l'efficacité de la nouvelle intervention parentale au fur et à mesure de son déploiement. La comparaison des bras C1 et C2 (groupe contrôle du CDPE et non lié au CDPE) permet d'évaluer l'impact du programme de CDPE et de l'intervention parentale sur les résultats intermédiaires, par rapport aux villages sans programme de CDPE, afin de contribuer au développement du programme. Cette évaluation met l'accent sur une comparaison des résultats intermédiaires, tels que l'environnement d'alphabétisation à la maison, les interactions parent-enfant et les comportements liés à la nutrition et à la santé, mesurés à l'aide d'un questionnaire à

l'intention des parents. La nutrition et les résultats cognitifs ont été également examinés, mais comme il s'agit d'un nouveau programme et que la taille des effets peut être inférieure à celle qui existe entre T1 et C1 ci-dessus, l'essai pourrait ne pas être capable de détecter une signification statistique. De plus, étant donné que les communautés sans centres de CDPE ne sont pas assignées de manière aléatoire à ce groupe de comparaison supplémentaire et peuvent différer systématiquement des communautés dotées de centres de CDPE, toute conclusion tirée doit en tenir compte.

Remarque : ces résultats ne sont donc pas inclus ici, mais seront rapportés ailleurs.

4.5.3.2. Règle d'allocation pour le traitement et les groupes de comparaison

En 2013, 60 communautés rurales dotées de CDPE fonctionnels ont été affectées au hasard au bras d'intervention ou au groupe de contrôle du CDPE, à l'aide d'une liste aléatoire générée par ordinateur. L'unité de randomisation était le village, avec tous les enfants âgés de 3 mois à 5 ans résidant dans les communautés participantes étaient éligibles pour recevoir les interventions.

Les 30 communautés supplémentaires du bras de comparaison sans CDPE ont été sélectionnées au hasard parmi les communautés répondant aux critères d'inclusion suivants : 1) pas de CDPE ; et 2) aucun projet d'établissement de CDPE dans cette communauté dans les 2-3 prochaines années.

4.5.3.3. Échantillon de population pour l'évaluation

Pour réaliser l'évaluation de l'impact des interventions, les critères d'évaluation principaux étaient les résultats biomédicaux et les performances des enfants lors des tests de la fonction cognitive et de la Maturité scolaire à la fin de la période d'intervention. Pour l'évaluation, un échantillon aléatoire d'enfants âgés de 3 ans et un deuxième échantillon d'enfants d'âge approximatif (5 - 6 ans) ont été sélectionnés dans chaque communauté participant à l'essai.

L'échantillon aléatoire comprenait une cohorte de 40 enfants par village : 20 enfants âgés de 3 ans recrutés en mai 2014, qui auraient donc environ l'âge de la rentrée scolaire (5 à 6 ans) au

moment de l'évaluation finale en 2016 ; avec une cohorte supplémentaire de 20 enfants nés en janvier-juillet 2013, recrutés en février 2015 et âgés d'environ 3 ans au moment de l'évaluation en 2016 (échantillon total de 40 enfants par village), tableau 4.II.

Tableau 4. II : Age des cohortes (communautés d'intervention)

Age à la base en mai 2014	Age à la fin en mai 2016	Période d'exposition aux interventions
Agé de 1 an	3 ans	Trois années de traitement reçu de l'âge de 3 mois à l'âge de 2 ans de 2013 à 2016. Cette cohorte d'enfants auraient reçu les interventions dès la naissance à partir des premiers 1000 jours de la vie.
3 ans	5 ans (avant l'entrée à l'école)	Trois années de traitement reçues de l'âge de 2 à 4 ans de 2013 à 2016.

Les données ont été collectées lors d'enquêtes transversales menées en mai 2016 auprès d'un échantillon aléatoire d'enfants résidant dans des communautés d'intervention et de contrôle, en fonction des critères d'éligibilité suivants :

- **Critère d'inclusion**

Tous les enfants des communautés de l'étude qui avaient été précédemment sélectionnés au hasard et qui avaient participé aux enquêtes en 2013 et qui résidaient toujours dans le même village en 2016. Cet échantillon comprenait des enfants âgés de 1 an et 3 ans en 2014 (voir tableau 2 ci-dessus).

Dans les villages où les pertes de suivi impliquaient l'impossibilité de retrouver un nombre suffisant d'enfants de l'échantillon initial pour répondre à la taille requise de l'échantillon par groupe, des enfants supplémentaires ont été recrutés en 2016. Les nouvelles recrues ont été sélectionnées au hasard dans la liste des enfants résidant dans le village au moment du recensement initial en 2013. Toutes les nouvelles recrues avaient donc résidé dans le village et avaient été exposées aux interventions tout au long des 3 années précédentes.

- **Critère d'exclusion**

Le parent / tuteur ne souhaitait pas que ses enfants participent à l'enquête

4.5.4. Recueils de données et indicateurs

Les résultats suivants ont été mesurés en mai 2016 :

- **Impact sur l'état nutritionnel**
 - Prévalence du retard de croissance, de l'émaciation et de l'insuffisance pondérale ;
 - Prévalence de l'anémie (Hb <11g / dL) ; Hb moyenne ;
 - Prévalence de la carence en fer.
- **Autres impacts sur la santé :**
 - Prévalence de la parasitémie asymptomatique du paludisme ;
 - Impact sur le développement de l'enfant.
 - Développement cognitif et linguistique (en mettant l'accent sur fondements cognitifs pour l'alphabétisation et la fluidité verbale) ;
 - La maturité scolaire (prise de conscience de l'imprimé, des concepts mathématiques ; mesures physique et socio-émotionnelle du développement) - mesuré chez les enfants âgés de 5 ans.

4.5.4.1. Mesure des résultats biomédicaux

Les données sur l'état nutritionnel et d'autres résultats pour la santé ont été recueillies en juin-juillet 2016 à la fin de l'année scolaire du CDPE. Ces enquêtes étaient sur le point de coïncider avec la fin de la saison sèche et le début des pluies et le début de la prochaine saison de transmission du paludisme - et mesuraient ainsi l'impact maximal que les interventions pourraient avoir sur l'anémie.

- **Retard de croissance, Insuffisance pondérale et malnutrition aigüe**

Les poids ont été mesurés à l'aide d'une balance électronique ; et la taille mesurée à l'aide d'un stadiomètre. Les scores Z de taille pour âge (ZTA), de poids pour l'âge (ZPA) et de poids pour la taille (ZPT) ont été calculés en référence à la population standard de l'OMS avec Anthro (version 3.2.2, 2011). La prévalence du retard de croissance et de l'insuffisance pondérale a été définie comme une taille pour l'âge inférieure à -2 écart-type de la médiane de la population de référence de l'OMS et un poids-pour-âge inférieur à -2 écart-type de la médiane de la population de

référence de l'OMS, respectivement. La malnutrition aiguë chez les enfants de cinq ans a été définie comme un indice de masse corporelle (IMC) pour un âge inférieur à -2 écart-type de la médiane de la population de référence de l'OMS et, chez les enfants de trois ans, un poids pour une taille inférieure à -2 écart-type de la médiane de la population de référence de l'OMS.

- **Analyses biologiques : Paludisme, taux d'hémoglobine, FS, CRP, GPA et RsTf**

Un échantillon de sang prélevé par piqûre au doigt a été obtenu de chaque enfant interrogé pour évaluer l'infection par les parasites du paludisme et la prévalence de l'anémie. La concentration en hémoglobine (Hb) a été mesurée à l'aide d'un photomètre portable Hemocue®. Le contrôle de la qualité a été effectué quotidiennement à l'aide d'une microcuvette standard ou d'un échantillon de sang de contrôle présentant une concentration connue d'Hb. Des analyses biomédicales complémentaires ont été entreprises à l'aide d'un appareil Hitachi Cobas c311 pour mesurer la ferritine sérique, la protéine C-réactive (CRP), la glycoprotéine acide (GPA) et le récepteur soluble de la transferrine (RsTf). La procédure de collecte et d'analyse du sang était la suivante : Un échantillon capillaire de 250 à 600 µl a été prélevé au doigt de chaque enfant ; 16 µl de sang ont été utilisés pour préparer des frottis épais et minces afin de mesurer la densité parasitaire du paludisme ; 20 µl pour mesurer la concentration en hémoglobine et les 200 µl restants placés dans un microconteneur et transportés dans une glacière (2-8 ° C) jusqu'au laboratoire de Sikasso. Les échantillons ont été centrifugés pendant plus de 10 minutes entre 6 000 et 15 000 g pour produire 125 à 350 µl de plasma et congelés à -20 °C avant d'être acheminés à Bamako, où ils ont été conservés à -80 °C jusqu'à l'analyse biomédicale permettant de mesurer la ferritine sérique, CRP, GPA et RsTf. L'infection par le paludisme a été mesurée par l'examen de frottis sanguins épais et minces, colorés au Giemsa à 10% pendant 10 à 15 minutes. Le nombre de parasites du paludisme asexués / µl de sang a été estimé par rapport à 200 leucocytes, compté en microscopie optique. Le statut d'infection palustre a été défini comme la présence de trophozoïtes et / ou de schizontes de n'importe quelle espèce dans une goutte épaisse de sang examinée à un grossissement x100. Les lames ont été déclarées négatives après examen de 100 champs. Tous les échantillons de sang ont été examinés deux fois par deux techniciens de recherche expérimentés. Toute divergence entre les deux premiers résultats était soumise à une troisième lecture indépendante, sans tenir compte des résultats des lectures précédentes.

Des précautions ont été prises pour que les évaluateurs ignorent le statut d'intervention des communautés. La mesure des résultats de l'étude a été réalisée à l'aide de tests standardisés et par des équipes de terrain indépendantes ne sachant pas quelles communautés ont bénéficié de l'intervention. La microscopie sur lame a également été réalisée par des techniciens ignorant le statut d'intervention des communautés, et les données analysées à Londres par le personnel de recherche aveuglé par le statut d'intervention des communautés.

Le critère d'évaluation principal est la prévalence de l'anémie, définie comme une concentration d'hémoglobine (Hb) < 110 g / L. Les résultats secondaires pour la santé comprennent : La prévalence du retard de croissance, de l'insuffisance pondérale et de la malnutrition aiguë ; et concentration d'hémoglobine en g / dL. Les résumés des résultats de santé supplémentaires suivants par bras d'étude seront présentés, mais aucun test statistique d'effet d'intervention ne sera effectué : score z de taille pour l'âge (écart-type de la médiane de la population de référence de l'OMS); score z de poids pour l'âge; score z d'IMC pour l'âge; score z poids-taille (mesuré chez les enfants de trois ans seulement); prévalence de l'infection palustre (présence de trophozoïtes et / ou de schizontes de toute espèce); densité parasitaire du paludisme (intensité / μ L de trophozoïtes et / ou de schizontes) et infectiosité palustre (présence de gamétocytes de toutes espèces).

4.5.4.2. Mesure des performances cognitives et des indicateurs de la maturité à l'école

Les connaissances et compétences de base en alphabétisation cognitive-linguistique et en calcul ont été évaluées chez les enfants âgés de 3 et 5 ans en mai 2016 dans les communautés d'intervention et de contrôle, afin de fournir des données sur l'impact du paludisme et des interventions nutritionnelles sur le développement cognitif à l'époque où les enfants entrent et sortent du centre de CDPE pour aller à l'école primaire.

Une batterie de tests a été mise au point pour chaque âge afin d'évaluer les connaissances et compétences cognitive-linguistiques de base liées à l'alphabétisation et au calcul chez les enfants âgés de 3 et 5 ans, adaptée aux tests existants qui ont déjà été utilisés chez les enfants du même âge. Tous les instruments ont été adaptés à la langue et à la culture locale et ont fait l'objet de

tests préalables au Mali afin de confirmer leur adéquation sur le plan du développement pour le groupe d'âge à tester. Les mêmes tests ont été utilisés en 2014 et 2016. Les enfants ont été évalués individuellement par des évaluateurs formés à l'aide d'un ensemble d'instructions standard ; évaluations réalisées dans la langue maternelle de l'enfant.

- Chez les enfants plus âgés (âgés de 5 ans), les évaluations du développement de l'enfant se sont concentrées sur les compétences cognitive-linguistiques reconnues pour prédire la facilité avec laquelle les enfants acquièrent des compétences en lecture, écriture et en calcul à l'école (Caravolas et al. 2012; Lei et al. 2010; Razza, Martin, and Brooks-Gunn 2010, 2012; Vaessen et al. 2010; Wanless et al. 2011; Ziegler et al. 2010).

La batterie d'évaluations comprenait des tests des compétences cognitives reconnues comme telles. Les précurseurs de compétences précoces en alphabétisation dans les systèmes d'écriture alphabétique, évalués à l'aide de la tâche de dénomination rapide automatisé (DRA) (Caravolas et al. 2012; Lei et al. 2010; Vaessen et al. 2010; Ziegler et al. 2010) et du vocabulaire expressif. Afin d'explorer les preuves des associations précédemment signalées entre les interventions en matière de santé et de nutrition et les performances de la fonction cognitive, la batterie d'évaluation comprenait également la tâche tête-épaules-genoux-pieds (TEGP) pour évaluer la fonction exécutive, (McClelland et al. 2007; Wanless et al. 2011) et le test d'empreinte digitale, en tant que mesure de la mémoire verbale à court terme (Best et al. 2011; Eilander et al. 2009; Kristjansson et al. 2007).

- Parmi les enfants de 5 ans, d'autres dimensions essentielles de la maturité scolaire ont également été évaluées à l'aide d'un sous-ensemble de tâches d'une version précédente de l'outil d'Indice de développement de la petite enfance (IDPE). L'IDPE a été développé par Save the Children pour examiner les différences de compétences entre l'alphabétisation précoce et les notions de calcul (notions d'impression, de compréhension orale, de reconnaissance des lettres et des chiffres, notions de base du nombre); motricité fine et globale; et développement socio-émotionnel. L'IDPE a été compilé à l'aide de sources multiples et d'outils validés existants, notamment l'Instrument de développement précoce, les échelles de développement de l'enfant pour l'Asie de l'Est et le Pacifique, le questionnaire sur l'âge et les stades, l'échelle de Denver, les normes de développement de la petite enfance d'un certain nombre de pays et d'autres outils précédemment utilisés par les bureaux de pays de Save the Children pour mesurer la préparation

à l'école. Les éléments de tâche ont été sélectionnés en fonction de la faisabilité, de la pertinence culturelle et du programme, puis adaptés, testés et encore adaptés dans divers contextes, afin de garantir leur adéquation au contexte d'un pays en développement. Le choix des mesures a également été éclairé par des données de recherche sur le développement de la petite enfance, les connaissances et les compétences connues pour prédire les résultats scolaires ultérieurs (Aboud 2006; Bekman, Aksu-Koç, and Erguvanli-Taylan 2011; Grantham-McGregor, Cheung, Cueto, Glewwe, Richter, Strupp, et al. 2007).

- Chez les enfants plus jeunes (âgés de 3 ans), les évaluations portaient sur les étapes du développement, y compris la motricité globale et fine, le développement du langage cognitif et oral, en utilisant un petit sous-ensemble des tâches de la batterie cognitive et de l'IDPE utilisé avec les enfants de 5 ans (adapté pour les plus jeunes).
- Chez tous les groupes d'âge, un questionnaire à l'intention des parents/tuteurs des enfants a été utilisé pour recueillir les données sur l'environnement d'alphabétisation à domicile. Ce questionnaire s'appuyait principalement sur l'enquête en grappes à indicateurs multiples (mise au point par le Fonds des Nations unies pour l'enfance (UNICEF), mais incluait des dimensions et des questions supplémentaires qui concordaient avec les priorités programmatiques de Save the Children et des questions spécifiques sur les CPS et les PMN.

La batterie de tests cognitifs utilisée chez les enfants de 5 ans est résumée dans le tableau 4. III ci-dessous.

Tableau 4. III : Batterie de tests cognitifs (y compris les tests IDPE) administrée

Vocabulaire expressif (nombre de mots) – d'IDPE
Temps de dénomination rapide automatisée (secondes)
Test de mémoire de chiffre (portée maximale des chiffres)
Instructions mixtes (correct nombre) – d'IDPE
Têtes, épaules, genoux et orteils (score total)
Compréhension de l'écoute (max 8 correctes) – d'IDPE, adapté localement
Reconnaissance de lettre (max 20 correctes) – d'IDPE
Reconnaissance de nombre (max 20 corrects) – d'IDPE

Encadré 4. 1 : Description des évaluations cognitives et du développement de l'enfant

Vocabulaire expressif (nombre de mots) (extrait d'IDPE de Save the Children, adapté localement)

Cette tâche est une mesure du langage oral expressif, mais en tant que mesure de la fluidité verbale, elle est également reconnue pour exploiter les compétences de la fonction exécutive. Dans cette tâche, il était demandé aux enfants de produire verbalement des mots appartenant à une catégorie prédéfinie. La première catégorie de pratique était «les noms des vêtements, des vêtements que les gens portent». Il y avait deux catégories de test. La première catégorie était «nourriture» («nommez des choses que vous pouvez manger et que vous pouvez acheter sur le marché»). La deuxième catégorie était «animaux». L'enfant a eu 60 secondes pour chaque catégorie et l'évaluateur a enregistré ses réponses parlées. Le score correspond au nombre total de mots produits appartenant à la catégorie (non compris les répétitions). Un score total global a été calculé en faisant la somme des scores des deux catégories de test.

Dénomination rapide automatisée (DRA) - objets (adaptés localement pour utiliser des images adaptées à la culture)

Il a été demandé aux enfants de nommer une série d'objets illustrés (animaux) dans une grille composée de 4 rangées de 6 objets chacune (24 objets au total). Ce format pour la tâche DRA avec un nombre réduit d'éléments par rapport au paradigme traditionnellement utilisé avec les enfants d'âge scolaire a déjà été jugé fiable pour les enfants de l'âge cible, le tout dans des contextes nationaux différents (par exemple, Lei et al. 2011; Pan et al. 2011). Ils ont d'abord effectué une tâche de familiarisation, simplement nommé chaque objet. S'ils ne connaissaient pas le nom de l'objet lors du premier essai, ils recevaient un retour d'informations et leur donnaient le nom correct. Lors du deuxième essai d'entraînement, s'ils omettaient de nommer l'un des éléments d'exercice, le test était interrompu. La durée totale (en secondes) prise pour nommer les 24 images a été enregistrée. Les enfants ont répété un deuxième essai et le score total était le temps moyen (sec) des deux essais. Les erreurs de dénomination (y compris les non-réponses) ont également été enregistrées.

Étendues

Dans cette mesure de la mémoire verbale à court terme (ou de la mémoire de travail), les enfants étaient présentés à l'audience avec des listes de chiffres de plus en plus longs et devaient répéter la liste dans le même ordre. Les enfants ont commencé avec une longueur de liste de 2 chiffres (par exemple, «3-1» ; étendue 2) et ont reçu une série de 4 essais de cette longueur (en pause pendant une seconde entre chaque chiffre d'une séquence). S'ils étaient corrects pour au moins 1 des 4 essais, ils ont continué avec la liste

suivante de 3 chiffres (par exemple, «2-5-1» ; étendue 3). Le test a été interrompu après que les enfants eurent commis des erreurs sur Tous les 4 essais d'un ensemble. Les enfants ont obtenu un crédit de 0,5 pour chaque essai correct afin de calculer la longueur maximale (ou étendue) de la liste pour la tâche. Une série de 4 essais pratiques a été complétée avec des commentaires s'ils étaient incorrects. Les instructions et la liste des numéros ont été présentées dans la langue maternelle de l'enfant. Les scores de portée ont été calculés et utilisés dans les analyses de données.

Instructions mixtes (de Save the Children d'IDPE)

Cette mesure de l'inhibition comportementale (fonction exécutive) est tirée d'IDPE de Save the Children. Les enfants devaient inhiber leur inclination naturelle à suivre les actions motrices ou main («taper sur la table» ou «taper dans les mains») et faire l'action inverse de l'adulte. Le nombre de fois que l'enfant a correctement répondu aux instructions données pour six essais (maximum 6 à 1 points par essai) a été enregistré et a eu l'effet inverse de celui observé pour l'adulte. Les essais de pratique ont obligé l'enfant à répéter le jeu 3 fois avec le retour d'information pour s'assurer de bien comprendre les instructions.

Têtes, épaules, genoux et orteils (TEGO) (adapté de Burrage et al. 2008 ; Cameron et McClelland, 2011)

Dans cette mesure d'inhibition comportementale, on a d'abord demandé à l'enfant de se toucher la tête, puis les orteils. Une fois qu'il a été établi qu'il pouvait effectuer cette action, il a été reçu pour instruction de faire l'inverse de ce que l'examineur avait dit (par exemple, se toucher les orteils s'il lui était demandé de se toucher la tête, et inversement). L'enfant a eu quatre occasions de pratiquer cela, avec jusqu'à trois ré-explications des instructions. Ils ont ensuite complété un bloc de 10 essais tests sans retour d'information. Si l'enfant réussissait à inhiber 5 essais sur 10, il passait à un autre bloc d'essais plus difficiles. Pour ces essais, des commandes supplémentaires pour toucher leurs épaules et leurs genoux ont été ajoutées et il a été rappelé à l'enfant de faire l'inverse de ce que lui avait dit l'examineur (par exemple, toucher ses épaules si on lui demandait de toucher ses genoux et vice versa). Après quatre essais pratiques, l'enfant a effectué 10 autres essais portant sur ces deux commandes dans un ordre pseudo-aléatoire prédéterminé. Chaque réponse correcte a reçu 2 points, les réponses auto-corrigées (inhibitions partielles ; l'enfant s'est orienté vers la réponse incorrecte et intuitive mais a démontré la réponse finale correcte) a reçu 1 point et les réponses incorrectes ont reçu 0 point (score maximum = 40).

Compréhension orale (adaptée de la version d'IDPE)

Les enfants ont écouté une courte histoire lue à voix haute par l'agent de terrain dans leur langue locale, puis ont dû répondre à des questions brèves sur l'histoire (présentées sous forme orale). Au total, 8 questions ont été posées aux enfants - 7 questions valant chacune 1 point et une question 2 points (note

maximale 9). Cependant, en raison d'une erreur technique pour un élément (n ° 7) où une grande proportion d'enfants a été enregistrée avec une réponse erronée, les données relatives à cet élément ont été supprimées de l'analyse, ce qui a permis d'obtenir une note maximale de 8 au test.

Identification de lettre (IDPE de Save the Children)

On a montré aux enfants une grille contenant 20 lettres communes et on leur a demandé de dire le nom de chaque lettre. Chaque lettre correctement nommée a reçu 1 point.

Identification de numéro (IDPE de Save the Children)

On a montré aux enfants une grille contenant 20 chiffres. On leur a demandé de dire le nom de chaque numéro de la grille, chaque numéro correctement nommé donnant un point. Le score de chaque enfant était le nombre correct sur un score possible de 20.

4.5.4.3. Procédure générale

Deux séries d'évaluations ont été programmées dans le logiciel ODK et téléchargées sur un Smartphone pour que chaque agent de terrain puisse les utiliser : (i) la batterie d'évaluation pour les 5 ans, qui comprenait les tests cognitifs décrits ci-dessus, ainsi que les éléments d'évaluation IDPE pour les 5 ans, et (ii) un ensemble plus court d'évaluations cognitives et d'items IDPE pour les enfants de 3 ans. Toutes les instructions pour l'ensemble des tests cognitifs et IDPE ont été traduites en français-bambara, français-shenara, français-mamara. Les instructions en français étaient des instructions d'administration pour l'évaluateur, mais toutes les communications avec l'enfant, y compris les instructions reçues, se faisaient dans une des langues locales (bambara, shenara ou mamara) afin de correspondre à la langue maternelle de l'enfant. La langue utilisée dans les évaluations était généralement la même que celle utilisée dans le centre local de CDPE, qui utilisait la langue la plus couramment parlée dans le village. Comme les villages comprennent généralement des personnes du même groupe ethnique, une seule langue est parlée dans chaque village. Ainsi, le risque qu'un enfant ne soit pas familiarisé avec la langue utilisée par l'évaluateur, tout en étant possible, aurait dû être minime. Chaque évaluateur était également équipé d'un jeu de cartes de stimuli laminées pour les tests cognitifs et IDPE, ainsi que de chronomètres, de bloc-notes, de crayons et d'autocollants pour récompenser les enfants et d'un sac en tissu.

Des informations générales ont été enregistrées au début de chaque évaluation, y compris un code d'identité unique, l'âge de l'enfant, le village de résidence et d'autres informations permettant d'identifier la personne et la langue maternelle utilisée à la maison. Tous les agents de terrain avaient une connaissance (parlée et réceptive) du bambara et environ la moitié d'entre eux avaient des connaissances et une expérience supplémentaire de l'utilisation de shenara. Un groupe plus restreint d'officiers de terrain parlaient couramment le mamara - la langue locale couramment utilisée dans le district de Yorosso, ainsi que le bambara.

À la fin de l'évaluation pour chaque enfant, les agents de terrain ont enregistré toutes les observations importantes ou notes de terrain pour le nettoyage ultérieur des données. Par exemple, si l'enfant n'était pas bien ou s'il avait du mal à retenir son attention lors de l'exécution des tâches au cours de la session d'évaluation.

La mesure des résultats cognitifs a été entreprise à l'aide de tests normalisés menés par des équipes de terrain indépendantes qui ignoraient les communautés qui ont reçu l'intervention, et les données ont été analysées à Londres par des chercheurs qui ignoraient également le statut d'intervention des communautés.

4.5.4.3.1. Formation des agents de terrain à l'administration des tests cognitifs et du développement de l'enfant

Les 32 agents de terrain chargés d'administrer les tests cognitifs et IDPE ont reçu une formation d'une semaine à Sikasso quelques semaines avant le début des travaux sur le terrain. La moitié des agents de terrain (15/32) étaient des enseignants, des conseillers pédagogiques ou des inspecteurs d'écoles travaillant pour le ministère de l'éducation dans les bureaux régionaux de l'éducation ; et possédait une expérience considérable dans le travail avec des enfants dans des contextes éducatifs et utilisait des compétences d'évaluations académiques basées sur l'éducation.

Une formation à l'administration des tests cognitifs et IDPE a été dispensée par deux membres de l'équipe de recherche de Save the Children, expérimentés dans les évaluations en alphabétisme et la collecte de données électroniques sur des Smartphones à l'aide du logiciel ODK; avec un support de formation supplémentaire fourni par deux chercheurs de la LSHTM (PI du projet et

gestionnaire de données). Les agents sur le terrain ont reçu une formation de trois jours au bureau de Sikasso, d'abord avec une version papier des évaluateurs, puis un jeu de rôle utilisant des tablettes pour gérer et enregistrer les réponses. Ils ont ensuite achevé deux jours de formation sur le terrain - une journée sur l'administration des évaluations cognitives pour les enfants de 3 ans et une journée sur l'administration des évaluations cognitives chez les enfants de 5 ans, dans des villages qui ne participaient pas à l'essai. Les membres de l'équipe principale (personnel de recherche de LSHTM, formateurs de Save the Children et responsable de projet) ont observé les agents de terrain pendant la formation au bureau et sur le terrain et ont fourni des informations en retour, le cas échéant. Des séances d'information ont eu lieu à la fin de chaque séance. Les agents de terrain locaux ont eu l'occasion de poser des questions et de formuler des commentaires sur les outils d'évaluation, ce qui a contribué à l'adaptation de ces outils d'évaluation pour les utiliser dans le contexte malien aux enfants de l'âge cible.

4.5.4.4. Recueillies de données sur les covariables scolaires et domestiques

Un questionnaire parental structuré a été administré en mai 2016 pour collecter des données sur l'environnement éducatif, socio-économique et d'alphabétisation à la maison pour chaque enfant sélectionné pour être inclus dans les enquêtes d'évaluation.

4.6. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été faites à LSTMH. L'analyse principale est une analyse en intention de traiter (ITT) réalisée à partir de données issues d'enquêtes de suivi transversal menées en mai - juillet 2016. Les données ont été analysées en fonction du bras d'étude auquel les communautés ont été randomisées, indépendamment du fait que l'intervention ait été mise en œuvre dans la communauté ou non et du degré de couverture atteint, les données sur les résultats de tous les enfants interrogés ayant été incluses dans l'analyse, qu'ils aient ou non reçu l'intervention. L'approche ITT fournit une estimation de l'impact des interventions qui se rapproche le plus de l'efficacité réelle qui serait obtenue dans les conditions opérationnelles de routine.

4.6.1. Méthodes statistiques

Des méthodes appropriées aux essais randomisés par groupes ont été utilisées (Hayes and Moulton 2009). On s'attendait à ce qu'en raison du processus de randomisation, il y ait peu de différences dans les caractéristiques de base entre les groupes de l'étude ; néanmoins, tous les facteurs considérés comme des facteurs pronostiques importants susceptibles d'être fortement corrélés aux résultats ont été spécifiés au préalable et ajustés dans l'analyse. Les caractéristiques démographiques et autres caractéristiques des ménages des enfants ont été comparées pour vérifier les déséquilibres entre les groupes d'étude et pour confirmer si le processus de randomisation a été efficace. Aucun test de significativité n'a été effectué pour vérifier les différences entre les groupes au départ, ce qui n'est pas recommandé (Hayes and Moulton 2009). Les caractéristiques de l'enfant comparées sont les suivantes : âge moyen, sexe, langue parlée à la maison, éducation/alphabétisation de la mère et du père, présence de matériel de lecture à la maison, présence de jeux/de jouets à la maison, caractéristiques socioéconomiques du ménage et utilisation de moustiquaires, et inscription de l'enfant à un CDPE. Les statistiques descriptives pour les variables continues comprennent le nombre d'observations, la moyenne et l'écart-type (ou l'intervalle médian et interquartile, selon le cas). Les variables catégorielles sont présentées sous forme de nombres et de pourcentages.

Tous les résultats des essais ont été mesurés au niveau de l'enfant. Dans la mesure du possible, une analyse statistique a été réalisée au niveau de l'enfant et a permis de prendre en compte le regroupement des enfants au sein des communautés en incluant un effet aléatoire de l'école dans des modèles à effets mixtes (ou une autre méthode statistique appropriée). Si, en raison de la nature des données, il n'était pas possible d'effectuer l'analyse au niveau de l'enfant, une analyse statistique était effectuée au niveau de la communauté en utilisant des méthodes statistiques appropriées pour les résumés au niveau du cluster.

Toutes les analyses rendent compte de la nature de la distribution du résultat (par exemple, les résultats continus sont analysés à l'aide de la régression linéaire et les résultats binaires sont analysés à l'aide de la régression logistique) et sont rapportés à l'aide de mesures appropriées de l'effet et d'IC à 95%. Des méthodes supplémentaires sont utilisées pour analyser les mesures continues qui ne sont pas normalement distribuées (par exemple, l'IC à 95% sera estimé à l'aide

de la méthode bootstrap). Afin de minimiser les problèmes statistiques de comparaisons multiplicité / multiple, pas plus de 10 résultats (y compris le résultat principal) ne sont pris en compte pour les tests statistiques formels à un niveau de 5%. Le nombre de résultats secondaires testés pour les différences significatives entre les groupes est donc faible et aucun ajustement formel pour les comparaisons multiples ne sera effectué.

Les résultats non ajustés et ajustés sont présentés pour toutes les analyses. Les covariables à inclure dans les analyses ajustées ont été spécifiées a priori. Pour les effets sur la santé, cela incluait les covariables suivantes : le sexe, la langue parlée à la maison, l'alphabétisation maternelle, le statut socio-économique du ménage et le statut d'infection du paludisme à la fin. Pour les analyses ajustées des résultats cognitifs / éducatifs, les covariables suivantes ont été spécifiées à priori : sexe, langue parlée à la maison, alphabétisation maternelle, statut socio-économique du ménage et si l'enfant était inscrit dans un CDPE. Un certain nombre de mesures ont également été recueillies pour évaluer les niveaux d'exposition (conformité et intensité) aux interventions.

Comme mentionné ci-dessus, l'étude avait suffisamment de puissance pour répondre aux questions de recherche séparément pour les enfants autour de l'âge d'entrée dans un centre de CDPE (environ trois ans) et autour de l'âge de l'entrée à l'école (environ cinq ans). Des analyses statistiques ont donc été effectuées séparément sur les données d'enfants des tranches d'âge de trois et cinq ans.

Bien que, les deux groupes d'âge présentent un intérêt égal, des incertitudes quant à la validité des résultats cognitifs pour les enfants de trois ans (résultant des difficultés inhérentes au travail avec de très jeunes enfants, telles que leur timidité naturelle avec des adultes inconnus et leurs capacités de communication limitées à cet âge), signifient que l'analyse des résultats cognitifs pour ce groupe d'âge sera considérée comme de nature exploratoire. Les valeurs de probabilité et les intervalles de confiance à 95% pour ce groupe d'âge doivent être interprétés avec la prudence requise. Les résultats et les méthodes statistiques sont identiques à ceux utilisés pour les analyses sur les enfants de cinq ans.

4.6.2. Taille de l'échantillon

Les données d'enquête sur les résultats biomédicaux et cognitifs recueillies en 2014 ont été utilisées pour vérifier les hypothèses initiales relatives à la taille de l'échantillon dans la proposition technique, y compris la prévalence des résultats primaires, la corrélation intra-classe (CIC) et le nombre d'enfants recrutés dans les deux groupes d'âge par grappe.

- La prévalence initiale de l'anémie chez les enfants de 3 ans était respectivement de 61,6% et 64,0% dans les groupes d'intervention et de contrôle ($p = 0,618$) et de 53,8% et 51,9% chez les enfants de 5 ans ($p = 0,582$). La CIC observée pour le critère de jugement relatif à l'anémie au début de l'étude était de 0,08 chez les enfants de 3 ans et de 0,06 chez les enfants de 5 ans, ce qui confirme que l'hypothèse de CIC la plus basse utilisée dans les calculs de la taille d'échantillon est correcte.
- La CIC observée pour les résultats cognitifs était de 0,09, allant de 0,05 à 0,16 pour les tâches individuelles de la batterie cognitive. Cela concordait avec l'hypothèse de la CIC utilisée dans les calculs de la taille de l'échantillon initial.

Sur la base du CIC observée, des calculs de puissance ont été entrepris pour confirmer la taille de l'échantillon requise pour les enquêtes finales. Les résultats de ces calculs sont présentés dans les tableaux 4.IV a et 4.IV b.

4.6.2.1. Estimation de la taille de l'échantillon pour les résultats de la santé

L'estimation de la taille de l'échantillon pour les effets sur la santé était axée sur le pourcentage d'enfants anémiques. Environ 20 à 25 enfants par groupe ont été recrutés dans chaque cohorte d'âge de 2013. Des calculs de puissance pour l'anémie ont été entrepris pour trois scénarios différents à la fin : (i) pour permettre la possibilité d'une perte pouvant atteindre 20% au suivi (en raison de l'émigration, décès d'enfants ou non-participation d'enfants inscrits en 2014) entre 2014 et 2016, des calculs de puissance ont été effectués pour une taille d'échantillon à la fin de 16 enfants par grappe; ainsi que pour (ii) une plus petite grappe de 14 enfants échantillonnés par village, dans un scénario de perte de suivi plus élevée de 30%, et (iii) des grappes inégales, afin

de permettre la variation des pertes de suivi entre les villages, où la taille des grappes est le nombre moyen d'enfants échantillonnés.

Tableau 4.IV a : Calcul de la taille de l'échantillon pour l'anémie (critère principal)

Hypothèse	Scenario Original 2		Scenario Original 1		Scenario Révisé A		Scenario Révisé B	
	80% puissance		80% puissance		80% puissance		80% puissance	
	Grappes égaux	Grappes inégaux	Grappes égaux	Grappes inégaux	Grappes égaux	Grappes inégaux	Grappes égaux	Grappes inégaux
Nombre de grappe par bras	30		30		30		30	
Taille de grappe	20		16		14		14	
Corrélation intra-grappe	0,08		0.08		0.08 (âge : 3 ans)		0.06 (âge : 3 ans)	
Seuil de signficance	0,05		0.05		0.05		0.05	
Taille totale de l'échantillon dans chaque cohorte d'âge	1 200		960		840		840	
Prévalence (contrôle)	50%		50%		50%		50%	
Prévalence détectable (intervention)	37,2%	37,0%	36,6%	36,5%	36,2%	36,1%	37,1%	37,0%
Réduction minimale détectable de la prévalence	25,6%	26,0%	26,8%	27,0%	27,6%	27,8%	25,8%	26,0%

Ainsi, en supposant une prévalence conservatrice de 50% dans le groupe de contrôle et une corrélation intraclasse (CIC) de 0,08, un échantillon de 30 communautés par bras avec 14 à 20 enfants échantillonnés par communauté fournira 80% de puissance dans tous ces scénarios pour détecter une réduction de l'anémie d'au moins de 28% à un niveau de signification de 5%.

4.6.2.2. Estimation de la taille de l'échantillon pour les résultats cognitifs

Les calculs de puissance pour les résultats cognitifs ont également explorés : (i) une plus petite grappe de 14 enfants échantillonnés par village, résultant par exemple d'une perte de suivi plus élevée que prévu de 30%; (ii) analyse statistique des différences entre les groupes sans ajustement par rapport au niveau de référence - scénario offrant la possibilité d'augmenter la taille de l'échantillon pour compenser les pertes subies par le recrutement accru de nouveaux enfants pour lesquels aucune donnée de référence ne serait disponible. Les calculs de puissance sont également indiqués pour (iii) l'effet de groupes inégaux, afin de permettre la variation des pertes lors du suivi entre villages, où la taille des groupes est le nombre moyen d'échantillons.

Tableau 4.IV b : Calcul de la taille de l'échantillon pour les résultats cognitifs

	Original Scenario 2	Scenario 1 Not adjusting for baseline		Scenario Révisé A	Scenario Révisé B		Scénario révisé Ajustement en fonction des données de référence	
Hypothèses	80% power	80% power		80% power	80% power		80% power	
	Grappes égaux	Grappes inégaux	Grappes égaux	Grappes inégaux	Grappes égaux	Grappes inégaux	Grappes égaux	Grappes inégaux
Nombre de grappes par bras	30	30		30	30		30	
Taille de grappe	20	20		16	16		14	
Corrélation intra-grappe	0.10	0.10		0.10	0.10		0.10	
Seuil de signification (α)	0.05	0.05		0.05	0.05		0.05	
Taille de l'échantillon pour la cohorte de chaque âge	1,200	1,200		960	960		840	
Prévalence (contrôle)	25%	n/a		25%	n/a		25%	
Réduction minimale détectable de la prévalence	0.27 E.T	0.28 SD	0.28 SD	0.28 E.T	0.29 E.T	0.295 E.T	0.29 E.T	0.29 E.T

Note : E.T : écarts-types, n/a : non applicable.

Ainsi, pour les compétences cognitives-linguistiques, un échantillon de 30 communautés par groupe de 14 à 20 enfants de chaque cohorte d'âge échantillonné par communauté fournira 80% de puissance pour détecter un effet de taille compris entre 0,27- 0,29 à 5%, en supposant un (CIC) de 0,10 et les facteurs individuels, des ménages et des communautés expliquent au moins 25% de la variation des compétences de base cognitives. Pour un échantillon similaire de 30 communautés par groupe avec 14 à 20 enfants échantillonnés par communauté et par un CIC de 0,10, une analyse statistique qui ne tient pas compte du niveau de base fournira 80% de la puissance nécessaire pour détecter un effet de 0,28 à 0,30 à 5% de niveau de signification.

Outre la révision des exigences relatives à la taille de l'échantillon, les procédures sur le terrain pour les enquêtes finales 2016 ont été révisées dans le but de réduire davantage la CIC et d'accroître ainsi la puissance - en fournissant des directives plus claires et en améliorant la formation des évaluateurs afin de normaliser l'administration des tâches, avant la mise en œuvre des enquêtes finales. Une attention particulière a été accordée à l'amélioration de l'administration des tâches ayant les CIC les plus élevés au départ.

Toutes les analyses ont été faites selon l'intention de traiter et tous les enfants ont été inclus dans l'analyse, qu'ils aient ou non reçu l'intervention. Cette approche fournit une estimation réaliste de l'effet d'intervention dans les essais randomisés, le niveau d'absorption étant pris en compte dans l'analyse. Comme l'ITT reconnaît que l'utilisation peut être inférieure à 100%, il n'est pas nécessaire d'ajuster les calculs de puissance et l'effet minimum détectable pour tenir compte des taux d'utilisation.

4.6.2.3. Procédures d'échantillonnage

La population cible des interventions comprenait tous les enfants âgés de 3 mois à 5 ans, résidant dans les 90 communautés étudiées dans les cercles de Sikasso et de Yorosso. Pour identifier le nombre de bénéficiaires cible, un recensement complet de tous les enfants d'âge éligible a été effectué dans les 90 villages de l'étude en août 2013. Le premier cycle mensuel du traitement par la CPS a été administré à la mi-octobre 2013, et les distributions de PMN ont commencé au début de l'année 2014. Le recensement de 2013 définit ainsi la population d'enfants qui doivent recevoir les interventions depuis 2013 ; et a été utilisé comme base de sondage pour les enfants chez qui l'impact après trois ans de mise en œuvre des interventions a été évalué.

Pour chaque groupe d'âge examiné lors de la première série d'enquêtes en 2014, un échantillon aléatoire d'enfants a été tiré de tous les enfants répertoriés dans le recensement pour chaque communauté participant à l'essai, en fonction des critères d'âge suivants (Tableau 4.V)

Tableau 4. V : Critères de sélections des enfants de 3 ans

	Date de naissance ou âge en août de 2013	Groupe d'âge en mai 2014	Groupe d'âge en mai 2016
(i)	Né entre 1er janv. 2013 et 30 juin 2013 ; ou âgé <1 an lors du recensement (DN non connue)	1 an	3 ans
(ii)	Né entre 1er mai 2010 et 30 Avril 2011 ; ou âgé 2 ans lors du recensement (DN non connue)	3 ans	5 ans
(iii)	Né entre 1er Oct. 2008 et 31 Juil. 2009 ^a ; Ou âgé de 4 ans lors du recensement (DN non connue)	5 ans	N/A

Note : a En raison de la diminution de la taille de la population en fonction de l'âge, la tranche d'âge d'éligibilité a été élargie chez les enfants plus âgés afin d'échantillonner un nombre suffisant d'enfants dans les petits villages. N/A : Non applicable.

Tous les enfants précédemment sélectionnés au hasard et enrôlés dans l'étude étaient, s'ils résidaient toujours dans le village et étaient présents le jour de l'enquête, soumis à une nouvelle enquête en mai 2016 :

- Un échantillon aléatoire de 20 enfants âgés de 3 ans recrutés dans chaque village en mai 2014, générant une cohorte de 600 enfants qui seraient âgés de 5 ans en 2016.
- Une troisième cohorte de 20 enfants nés avant juillet 2013 a été recrutée dans chaque village en février 2015, ce qui a généré une cohorte de 600 enfants qui seraient âgés de 3 ans en mai 2016.

Remarque : Dans les villages où les pertes de suivi impliquaient l'impossibilité de retrouver un nombre suffisant d'enfants de l'échantillon initial pour répondre à la taille requise de l'échantillon par groupe, des enfants supplémentaires ont été enrôlés en 2016. Les nouveaux enrôlés ont été sélectionnés au hasard dans la liste d'enfants résidant dans le village lors du recensement initial de 2013. Toutes les nouveaux enrôlés résidaient donc dans le village et avaient été exposés aux interventions tout au long des trois années précédentes.

Ainsi, l'échantillon final en mai 2016 comprenait une cohorte comprenant 600 enfants âgés de 3 ans et 600 enfants âgés de 5 ans respectivement dans chaque groupe (tableau 4. VI)

Tableau 4. VI : Critères de sélections des enfants de 5 ans

T1	C1	C2
<p>Group d'intervention (avec CDPE) 30 communautés, 60 enfants sélectionnés aléatoirement dans chaque communauté : (20 enfants âgés de 3 ans ; 20 enfants âgés de 5 ans)</p>	<p>Group de contrôle CDPE (avec CDPE) 30 communautés, 60 enfants sélectionnés aléatoirement dans chaque communauté : (20 enfants âgés de 3 ans ; 20 enfants âgés de 5 ans)</p>	<p>Groupe de comparaison (sans CDPE) 30 communautés, 60 enfants sélectionnés aléatoirement dans chaque communauté : (20 enfants âgés de 3 ans ; 20 enfants âgés de 5 ans)</p>

4.6.3. Evaluation du processus

Les agents de Save the Children ont recueilli les données et surveillé les distributions de PMN.

Ces données comprenaient :

- Mesures d'exécution du programme par l'agence d'exécution :
 - Nombre de communautés formées, nombre de personnes formées par communauté
 - Nombre d'enfants ayant reçu des PMN par communauté par passage
 - Nombre de sachets PMN distribués par communauté par passage
 - Nombre de sachets PMN vides retournés par communauté
 - Sujets abordés lors des distributions
- Mesures de participation villageoise
 - Nombre de distributions de PMN mises en place par an et nombre de sachets distribués
 - Nombre d'enfants ayant reçu les PMN
- Mesures de la participation au niveau du ménage et des pratiques parentales
 - Nutrition et pratiques d'hygiène au niveau des ménages :
 - y compris la participation à des séances d'éducation à la nutrition et à la stimulation ; nombre de repas que l'enfant prend par jour ; qualité du régime alimentaire des enfants ; fréquence et utilisation correcte des PMN ;
 - Stimulation cognitive au niveau du ménage :
 - y compris la participation à des séances d'éducation à la nutrition et à la stimulation ; disponibilité de matériel de lecture et de jouets à la maison ; type d'activités / jeux joués par l'enfant ; fréquence et type d'interaction parent-enfant ; Inscription au centre de CDPE

4.7. Analyse des coûts

L'analyse des coûts a été réalisée du point de vue du fournisseur de services, sur un horizon d'un an. Cinq stratégies ont été mises en œuvre par deux fournisseurs différents. La CPS, le

déparasitage, la supplémentation en vitamine A ont tous été fournis par le Ministère de la santé ; nous n'avons pu pas saisir le coût de ces stratégies dans cette analyse des coûts. Par conséquent, l'analyse des coûts ne concernait que la supplémentation en micronutriments et le programme de développement de la petite enfance mis en œuvre par Save the Children. Le programme de CDPE comprenait l'éducation des parents en matière de santé et des services préscolaires pour les enfants.

Le programme de CDPE a commencé en 2013 et s'est poursuivi jusqu'en 2016. Les activités du programme sur les micronutriments ne couvraient qu'une période de 4 mois, de janvier à avril 2016, les dépenses salariales ont commencé en 2015. Bien que l'impact des programmes de prévention de la santé et préscolaire puisse s'échelonner sur le long terme dans cette étude, nous visions à cerner les effets à court terme de la supplémentation en micronutriments sur l'état nutritionnel et la santé des enfants (retard de croissance, émaciation et insuffisance pondérale, anémie, carence en fer, prévalence du paludisme), de l'éducation parentale et le programme de DPE sur le développement cognitif et préparation à l'école. De plus, les interventions santé (CPS en micronutriments) sont effectuées pendant une période définie de l'année et répétées chaque année - entraînant des coûts récurrents annuels. Aux fins de comparaison entre les deux programmes (PMN et le programme de DPE), nous avons fixé l'horizon temporel à un an.

4.7.1. Modèle de calcul des coûts et documents de référence

L'analyse des coûts a été réalisée à l'aide de l'outil normalisé d'évaluation des coûts de CDPE (SECT) développé par Cornerstone Economic Research (<http://www.cornerstonesa.net/>) dans le cadre du contrat entre la Banque mondiale et le Center for Universal Education du Brookings Institute. Un manuel d'utilisation est fourni à titre indicatif pour l'utilisation de l'outil : *Manuel ECD du modèle d'évaluation des coûts brouillon v.3, janvier 2016*. Des conseils supplémentaires ont été fournis par Barberton qui est un expert de Cornerstone Economic Research.

<https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/09/standardized-eed-costing-tool.pdf>.

Les descriptions du modèle d'établissement des coûts fournies par Cornerstone Economic Research (voir texte en italique dans cette section) sont dans l'encadré 2.

Encadré 4. 2 : Modèle de SECT

Le SECT tente de relever les défis de la comparabilité et la disponibilité des données qui varient selon le type d'intervention, en fournissant un seul outil qui offre une cohérence méthodologique dans l'évaluation des coûts. Les programmes de DPE, qui peuvent être utilisés dans toutes les gammes d'interventions, en conciliant souplesse et rigueur. L'utilité du SECT est double. D'une part, des données normalisées et précises sur les coûts peuvent renforcer les arguments en faveur de l'investissement en permettant une analyse coûts-avantages et coût-efficacité plus précise. D'autre part, de telles données peuvent mener à des investissements plus éclairés ou meilleurs en améliorant l'efficacité de l'administration, de sorte que les dépenses réelles et prévues soient mieux alignées, que les investissements soient faits dans les interventions les plus rentables et que les compromis de coût et de qualité puissent être analysés. En plus d'une liste existante d'interventions courantes en programme de DPE, les utilisateurs peuvent modifier l'outil en fonction de leurs besoins individuels. L'outil peut être utilisé pour analyser les données en tant que postes individuels de programme DPE à travers différentes interventions (par exemple, pour suivre les coûts du personnel) ou peut être décomposé par activité. Les coûts unitaires peuvent être calculés en entrant le nombre de bénéficiaires, et les coûts de mise à l'échelle peuvent également être estimés. La qualité des estimations de coûts dépend directement de la qualité des hypothèses de coûts et de la qualité des données utilisées. La validité des résultats doit être considérée dans le contexte de ces deux facteurs.

4.7.1.1. Structure du modèle SECT

Le modèle SECT est organisé en plusieurs sections d'établissement des coûts (pour plus de détails, voir la figure 4 ci-dessous). Seuls ceux pertinents pour l'analyse des coûts du projet réalisé au Mali ont été fournis ici.

4.7.1.2. Orientation sur l'utilisation du modèle SECT

Le modèle SECT est constitué de quatre groupes de : (i) feuilles de configuration du modèle de calcul et d'analyse, (ii) feuilles de sortie, (iii) feuilles de calcul principales et feuilles de travail (voir encadré 3 pour plus détails). Le travail de calcul des coûts effectué dans les feuilles de calcul principales est traité dans les feuilles de résultats, où il est résumé. Certaines des fiches

d'informations de travail alimentent les fiches de sortie pour convertir les résultats en valeurs réelles et en dollars US.

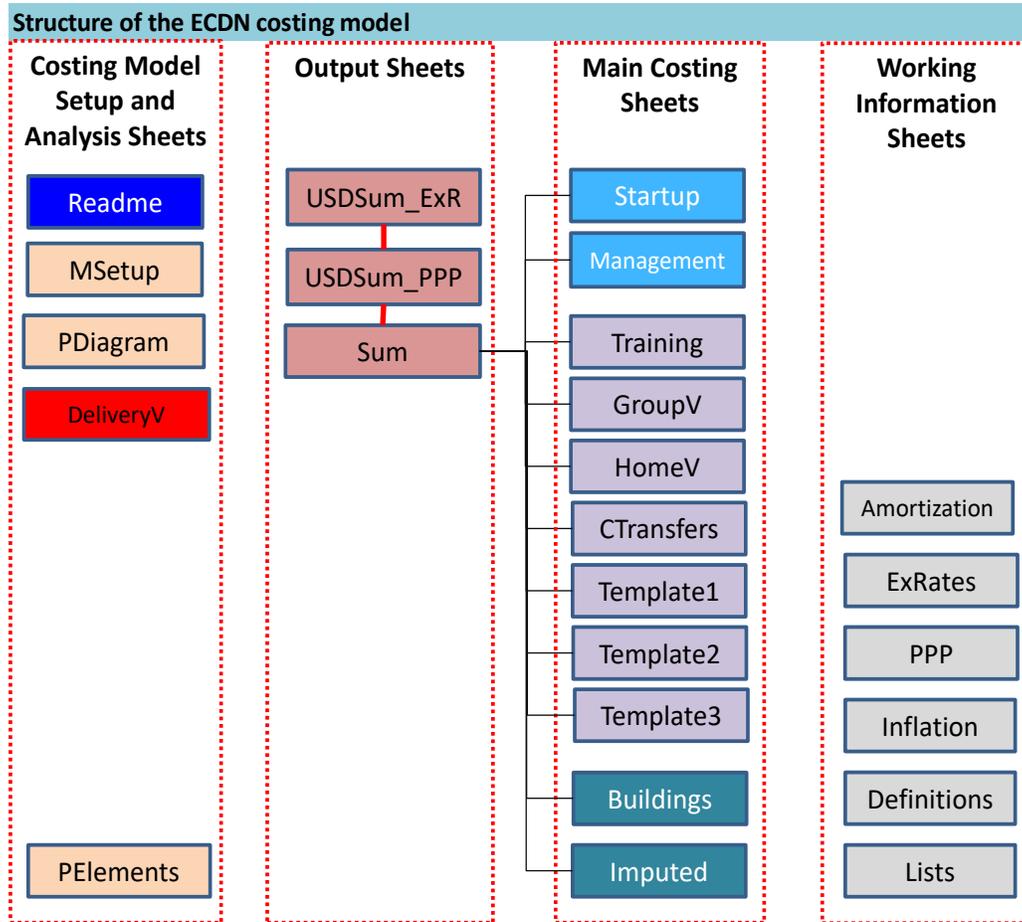


Figure 4. 4 : Structure du modèle SECT pour l'évaluation des coûts de programme de DPE

4.7.2. Coût des interventions

- Démarrage : dans l'exercice d'analyse en cours, nous n'avons pas pu en mesure de différencier les coûts de conception et de pilotage du programme des coûts restants.
- Gestion : pour les PNM, les coûts de gestion du programme comprenaient le salaire, les avantages et les fournitures administratives. Un coordinateur et deux agents de développement communautaire ont été directement impliqués en tant que salariés dans le

programme sur les micronutriments. Ces travailleurs ont également bénéficié de paiements mensuels pour la communication. Les coûts administratifs partagés ont été déterminés en fonction du pourcentage d'utilisation de chaque intrant ou activité. Ces coûts comprennent les frais d'utilisation des immeubles de bureaux et des magasins, la sécurité des bâtiments, l'électricité, l'alimentation en eau, les communications téléphoniques, l'internet, la climatisation, l'entretien des immeubles et les fournitures de désinfection. Les intrants capitaux étaient un ordinateur portable, une imprimante-scanner et d'autres installations telles que des bureaux et des chaises.

- Pour le programme de CDPE, seules les activités de 2015 à 2016 ont été incluses dans cette analyse de coûts. La gestion et l'administration comprenaient les intrants suivants : location d'espace de bureau et de stockage, communication téléphonique, Internet, alimentation en eau, climatisation, réunion de travail, véhicules, transport, sécurité, hébergement et autres locaux.
- Bâtiments : uniquement pour le programme CDPE, des bâtiments ont été construits ou rénovés.

4.7.2.1. Coûts analysés et paramètres de coûts

L'analyse consistait à déterminer les coûts unitaires de livraison ou coûts moyens de fourniture des services à chaque bénéficiaire. Ces coûts moyens ou coûts unitaires sont très utiles pour comparer les coûts d'un programme à un autre, pour comprendre l'efficacité et la rentabilité des programmes et les différentes modalités d'exécution.

Amortissement : le SECT permet d'amortir les coûts sur une période donnée. Cette période peut aller d'un an à 40 ans. La période d'amortissement détermine le nombre d'années sur lesquelles un coût est étalé. Les valeurs amorties indiquent les coûts réellement accumulés chaque année. Les valeurs amorties sont très utiles lors des analyses de coûts unitaires car les coûts amortis donnent un coût unitaire beaucoup plus réaliste que le coût unitaire basé sur une analyse de trésorerie, en particulier au cours des premières années de l'existence d'un programme.

Encadré 4.3 : Catégories de coûts

- Démarrage : la plupart des programmes gouvernementaux devront supporter une série de coûts pour la mettre en œuvre, par exemple, l'argent dépensé pour concevoir et piloter le programme. Des frais de conseil et de recherche peuvent également être occasionnés au début du programme. La plupart des coûts de démarrage devraient être amortis sur plus d'un an, car ils représentent un investissement initial dans le programme.
- Gestion : les programmes efficaces doivent être gérés correctement. La gestion du programme implique un coût et ce coût doit être estimé dans le modèle d'établissement des coûts. Le coût de la gestion est généralement partagé entre toutes les composantes d'un programme ; c'est-à-dire qu'il est difficile d'attribuer le coût de la gestion à des composants individuels d'un programme. Étant donné que ce coût n'est pas lié à des activités ou à des événements individuels, il convient de chiffrer le coût séparément et d'une manière très différente de celle des autres aspects des programmes de CDPE. Le modèle permet de chiffrer la gestion en tant qu'élément autonome. Tous les coûts de gestion applicables à plusieurs composantes du programme doivent être entièrement chiffrés ici. Les coûts de gestion directement imputables à un élément spécifique du programme doivent être chiffrés dans la partie correspondante.
- Activités de programme : le modèle comprend plusieurs catégories pour l'établissement du coût des activités de programme. Il s'agit de : (i) Formations - l'objectif est de chiffrer le coût de la formation des formateurs, c'est-à-dire des accompagnants dans les centres de CDPE. Cependant, il peut également être utilisé pour facturer la formation des autres acteurs impliqués ; (ii) Réunions de groupe - le coût des réunions de groupe de la communauté et / ou de la consultation de la communauté doit être chiffré dans cette catégorie de coût. Les activités chiffrées ici peuvent aller de réunions en petits groupes à de grandes campagnes de sensibilisation ; (iii) Visites à domicile - cette fiche sert à évaluer les visites à domicile. Le coût du personnel, les provisions données aux bénéficiaires, le coût et les frais de déplacement sont des exemples de coûts qui devront être comptabilisés dans cette catégorie. Les visites à domicile comprennent les visites médicales chez les enfants, l'éducation des mères en matière de garde d'enfants à la maison, etc. (iv) Il est également possible d'ajouter d'autres activités de coûts que celles mentionnées ci-dessus.
- Bâtiments : différents types de bâtiments et de travaux de construction seront nécessaires dans un programme de CDPE. Dans cette section, différents types d'activités de construction sont chiffrés, tels que : (i) Construction de nouveaux bâtiments : il faut réfléchir à la question de savoir si la construction est achevée en un an ou si l'estimation doit être étalée sur plus d'un an. Si on estime qu'il faudra deux ans pour que le bâtiment soit construit, entrez 0,5 pour chacune des années au cours desquelles le bâtiment est construit et indiquez le prix total du bâtiment dans le «Prix unitaire nominal». (ii) Rénovations ou améliorations : une variété de petits travaux de construction peut être nécessaire. Le coût des travaux de construction devrait être amorti sur une longue période.

Coûts moyens : le coût unitaire moyen est ce qu'il en coûte en moyenne pour une unité à produire. C'est le coût total divisé par le nombre total d'unités produites. Par exemple, un programme de visites à domicile coûte 100 000 dollars américains (USD) par an et touche 1 000 enfants. Le coût moyen pour atteindre un enfant est de $100\ 000/1\ 000 = 100$ USD. Le coût réel pour atteindre un enfant spécifique peut être supérieur au coût réel pour atteindre un autre enfant spécifique, mais nous pouvons nous attendre à ce qu'en moyenne, atteindre tous les enfants coûte 100 USD. Comprendre le coût moyen est utile car on peut comparer les coûts moyens dans le temps pour vérifier les gains d'efficacité. Cela aide également à la planification - si nous savons que le coût moyen est de 100 dollars par enfant, nous pouvons l'utiliser pour estimer les ressources nécessaires pour atteindre un certain nombre d'enfants.

Analyse de sensibilité : SECT permet de faire l'analyse de sensibilité. Selon la structure de données de coût et de l'exercice en cours, l'analyse de sensibilité a été réalisée manuellement.

4.7.2.2. Analyse des données de coûts

- Amortissement : les coûts de tous les biens d'équipement ont été annualisés en fonction de leur durée de vie respective. Un amortissement de 40 ans a été fixé pour les nouveaux bâtiments ; 5 ans pour les formations initiales et le matériel tel que la connexion Internet, le matériel téléphonique ; 3 ans pour le coût des formations de formateurs et les fournitures des CDPE tels le bois, les sacs pour les assistants.
- Coûts moyens : d'abord, le coût total par catégorie d'intrants a été calculé. Ensuite, en utilisant les intrants pertinents pour la gestion ou l'intervention, les coûts totaux respectifs ont été calculés. Enfin, le coût total de chaque programme (PMN et PDPE) a été calculé en additionnant les coûts totaux d'exécution et de gestion du programme. Le coût unitaire est le rapport entre le coût total et le nombre de bénéficiaires dans chaque programme. Les nombres de bénéficiaires utilisés dans l'analyse étaient respectivement 24 091 et 11 012 pour les PMN et le PDPE.
- Analyse de sensibilité: une analyse de sensibilité univariée a été réalisée pour tester la robustesse des conclusions de l'analyse des coûts face aux variations de coûts et pour déterminer l'incidence potentielle des modifications de certaines catégories sur le coût total. Ces analyses peuvent être utilisées pour reconnaître et prendre en compte le niveau

d'incertitude associé aux paramètres pertinents utilisés dans le calcul des coûts, ainsi que les éventuelles fluctuations futures des prix. Une analyse de sensibilité univariée a été réalisée pour la variation des prix des micronutriments ($\pm 25\%$) ; les niveaux de salaire du personnel direct et du personnel de Save the Children impliqué dans le projet Jigifa (-30% , $+ 10\%$) ; et frais de transport ($\pm 50\%$).

4.7.3. Méthodes de collecte de données

L'enquête sur les coûts ne couvrait que le développement de la petite enfance et la supplémentation à domicile des PMN. Ceci est approprié, puisque les stratégies de CPS et de déparasitage du paludisme ont été mises en œuvre dans tous les groupes de l'étude.

Les données sur les coûts ont été obtenues à partir des registres financiers de Save the Children à Bamako et à Sikasso, complétées par des enquêtes de terrain, le cas échéant. Les données sur les coûts ont été collectées pour la période de 12 mois allant de janvier 2016 à février 2017.

L'exercice d'établissement des coûts a utilisé le modèle décrit ci-dessus fourni par SIEF (en partenariat avec le Brookings Institute), qui a contracté avec Cornerstone Economic Research pour une assistance technique.

Le processus de collecte des données a été organisé selon une approche descendante, de la coordination du projet à la gestion financière. Un inventaire de tous les intrants nécessaires à la mise en œuvre du projet a été réalisé; et les coûts ont été calculés en utilisant une approche par ingrédients qui identifie tous les intrants, leur quantité et leur valeur (Drummond et al. 2005). Les ressources utilisées ont été identifiées par observation directe ainsi que par des entretiens avec les coordinateurs des programmes (PDPE, SIEF) et les autres personnes impliquées dans la mise en œuvre des interventions.

L'établissement des coûts visait à collecter des données sur 5 catégories de coûts : (i) Les coûts de personnel, y compris les salaires, indemnités et avantages (logement, indemnité de subsistance, assurance maladie, assurance vie, contrats de pension, paiements aux participants, incitations, etc.), (ii) Coût des fournitures, y compris le coût du matériel et des consommables nécessaires à la réalisation des interventions. Ceux-ci incluent les traitements (PMN), les

fournitures scolaires (registres, stylos), les fournitures d'impression et autres. (iii) Les coûts des capitaux qui comprennent les biens durables tels que les bâtiments et les véhicules. Pour les matériaux non achetés uniquement pour ce projet, la portion utilisée par le projet a été estimée pour chaque article. Par exemple, pour les véhicules, le nombre de kilomètres parcourus pour soutenir les activités du projet a été calculé. (iv) Tous les coûts associés à la conduite d'un véhicule ont également été inclus, tels que les frais d'entretien, de carburant, d'huile et de pneus. (v) Les coûts de bureau associés au soutien administratif du projet, à la logistique, à l'électricité, au téléphone, à la sécurité, au nettoyage, etc. ont également été inclus.

Les données ont été collectées à différents niveaux de coûts afin de saisir toutes les activités et actions générant des coûts lors de la mise en œuvre du projet. Quatre niveaux de coûts des ressources ont été identifiés, comprenant les unités de coordination, de logistique, d'administration et de services financiers. Toutes ces unités ont été visitées pour collecter des données en collaboration avec le chef de chaque unité.

(i) Unité de coordination de projet. Avec la coordinatrice de recherche du projet Jigifa et le responsable du programme de PDPE à Sikasso, les activités et les actions liées à la mise en œuvre des interventions de PMN et de CDPE ont été répertoriées. Les coûts engagés pour la coordination de ces interventions ont également été enregistrés.

(ii) Finances. Les informations sur les coûts directs supportés par les activités du projet ont été archivées dans cette unité. Le responsable financier a fourni des données sur toutes les dépenses liées à la mise en œuvre des interventions du PMN et du CDPE. Pour le salaire et les avantages du personnel (assurance, communication), les données ont été collectées auprès du bureau de la gestion financière à Bamako.

(iii) La logistique. Cette unité administrative est chargée de gérer l'achat de PMN et d'autres matériels destinés aux programmes d'intervention, à l'équipement, au stockage et au transport, y compris le transport de fournitures sous contrat. Le type et la quantité de chaque article utilisé par les PMN et les interventions de CDPE ont été enregistrés. Pour les véhicules (voiture, moto) achetés dans le cadre de différents projets - la marque, les numéros de série et les distances parcourues pour soutenir la mise en œuvre des interventions PMN et de CDPE ont été enregistrées afin de permettre la détermination de la part liée du projet, dans la consommation de carburant et autres frais de fonctionnement.

(iv)Administration. Dans cette unité, les coûts administratifs indirects tels que l'électricité, l'eau, les bâtiments, la sécurité, la location, le nettoyage des bureaux et les fournitures de bureau récurrentes ont été collectés.

4.7.4. Analyse des coûts

L'analyse a été effectuée du point de vue du fournisseur de services, sur un horizon d'un an.

Les données ont été saisies à l'aide d'une base de données de coûts spécifique pour les programmes de CDPE développés dans le logiciel MS Excel, par le service de recherche économique Cornerstone (<http://www.cornerstonesa.net/>), comme décrit ci-dessus. La base de données a été conçue pour générer automatiquement les coûts totaux et unitaires en devise locale XOF et en Dollar américain. Les données sur les coûts ont été initialement enregistrées dans la devise locale, le franc d'Afrique de l'Ouest (XOF) ; les résultats de l'analyse des coûts sont exprimés en XOF et en Dollar américain de 2015 (taux de change moyen de 2015 ; 1 USD = 591,45 XOF)

Les coûts ont été classés selon le modèle d'évaluation économique classique de gestion-administration et d'implémentation des interventions. Les coûts de gestion-administration comprennent les coûts directs et indirects du paiement des salaires du personnel et des avantages (assurance, communication téléphonique), des ressources pour l'administration de la coordination (ordinateur portable, imprimante, téléphone au bureau, etc.), des installations et des équipements de bureau (location, nettoyage, etc.), sécurité, Internet, électricité, eau, air climatisation, personnel, expédition, etc.), véhicules achetés et part du nombre d'utilisations de véhicules si non-achetés, réunion de travail, hébergement, voyage. Les coûts d'intervention englobent les coûts des activités directes et des ressources utilisées pour la réalisation des interventions. Ceux-ci comprennent les produits d'intervention (poudres de micronutriments), la formation, la surveillance, le matériel (motos, manuel, registre, etc.), le transport, le salaire du personnel de première ligne, etc.

Les coûts de la recherche et de l'évaluation sont exclus de cette analyse, car le gouvernement ne devrait pas avoir la perspective d'évaluer l'impact du programme.

4.7.4.1. Bénéficiaires des programmes

Les bénéficiaires directs sont les enfants âgés de 6 à 59 mois dans l'intervention PMN et de 2-5 ans pour les interventions de CDPE.

4.7.4.2. Coûts total et unitaire

- Initialement, le coût total par catégorie d'intrants a été calculé. Ensuite, en utilisant les intrants pertinents pour la gestion ou l'intervention, les coûts totaux respectifs ont été calculés. Enfin, le coût total de chaque programme (CDPE et PMN) a été calculé en additionnant les coûts totaux d'exécution et de gestion du programme.
- Le coût unitaire est le rapport entre le coût total et le nombre de bénéficiaires dans chaque programme.

4.7.4.3. Période d'annualisation et d'amortissement

Il existe des différences entre le coût à la période où certains intrants sont engagés et le coût leur utilisation pendant la durée d'un programme. Pour les ressources dont la durée de vie ou les bénéfices sont d'un an ou plus et les activités telles que la formation initiale dont les effets s'étalent au-delà d'un an ont été annualisées. Les valeurs d'annualisation dépendent de la durée d'amortissement d'un élément donné. Par conséquent, pour les capitaux, l'amortissement sur un an ont été retenu aussi bien pour les programmes PDPE que celui des PMN.

4.7.4.4. Analyse de sensibilité

Une analyse de sensibilité univariée a été réalisée pour vérifier la robustesse des conclusions de l'analyse des coûts face aux variations des coûts et pour déterminer de quelle manière des modifications dans certaines catégories pourraient influencer sur le coût total. Ces analyses peuvent être utilisées pour reconnaître et prendre en compte le niveau d'incertitude associé aux paramètres pertinents utilisés dans le calcul des coûts, ainsi que les éventuelles fluctuations futures des prix. Une analyse de sensibilité univariée a été réalisée pour la variation des prix des micronutriments ($\pm 25\%$) ; les niveaux de salaire du personnel direct et des autres membres du

personnel de Save the Children participant au projet Jigifa (-30%, + 10%) ; et frais de transport (\pm 50%).

4.8.Considérations éthiques

4.8.1. Approbation éthique

Le 23 juillet 2013, le Comité éthique de l'INRSP du Ministère de la Santé a accordé au Mali l'approbation éthique de l'essai randomisé en grappes original de PMN + CPS dans les 90 villages de l'étude en 2013-2014 [Référence n. 06/13 / INRSP-CE] et le Royaume-Uni par le comité d'éthique de LSHTM le 16 août 2013 [code d'éthique. 6489].

À partir d'août 2014, la chimioprévention du paludisme saisonnier a été déployée dans les 90 villages, conformément au changement de politique nationale. En revanche, l'intervention du programme de micronutriments a continué d'être mise en œuvre et développée dans les 30 villages d'intervention à titre expérimental, mais n'a pas été étendue aux autres villages de l'étude en attendant la preuve d'un impact. L'approbation éthique pour une deuxième évaluation après trois ans de mise en œuvre, par le biais d'une série d'enquêtes finales transversales menées en mai - juin 2016, a été obtenue au Mali par le Comité éthique de l'INRSP du ministère de la Santé, le 4 avril 2016 [référence no. 06/13 / INRSP-CE] et le Royaume-Uni par le Comité d'éthique de LSHTM le 10 mai 2016 [référence éthique 11335].

4.8.2. Consentement éclairé

Au début de l'essai randomisé en juillet 2013, des réunions avec les communautés concernées par l'étude ont été organisées qui regroupaient les dirigeants de la communauté et les parents afin d'expliquer le but de l'étude et d'obtenir la permission de la communauté pour la réalisation de l'essai dans leurs communautés respectives. Les réunions communautaires ont été répétées en mai 2014 (phase 1) pour obtenir le consentement éclairé des parents de chaque enfant sélectionné pour participer aux enquêtes d'évaluation et être enrôlés dans l'une des trois cohortes d'âge. La fiche d'information relative à l'enquête d'évaluation à la fin de la phase 1 mentionnait également la possibilité que les mêmes enfants soient réexaminés en 2016.

Avant les enquêtes de 2016 (phase 2), les réunions de la communauté étaient répétées avec les dirigeants de la communauté et les parents afin d'expliquer le but de l'étude et les procédures à suivre, les risques et les avantages de la participation, y compris le droit de refuser ou de se retirer de l'essai sans inconvénients. Au début de chaque séance d'évaluation, on a demandé aux enfants de s'engager verbalement à participer aux évaluations. Les données IDPE (développement cognitif ou développement de l'enfant) n'ont pas été collectées pour les enfants ayant refusé leur consentement.

4.8.3. Sécurité du patient

Il est reconnu que l'amélioration du statut en fer peut, dans certaines circonstances, augmenter le risque du paludisme. Il est donc important de combiner un contrôle efficace du paludisme avec une supplémentation en micronutriments pour le minimiser (World Health Organization, 2011). C'est pourquoi la supplémentation en micronutriments (qui contient du fer) ne commence pas avant la fin de la saison de transmission du paludisme, et les enfants ne recevaient pas les suppléments en micronutriments en même temps que les médicaments de la CPS. Nous pensons donc que, la méthode d'intervention utilisée devrait atténuer toutes les préoccupations. L'utilisation d'une moustiquaire imprégnée d'insecticide est une autre mesure préventive importante. En mai 2012, le ministère de la Santé a entrepris de distribuer gratuitement des moustiquaires imprégnées d'insecticide dans toute la région de Sikasso. Des enquêtes menées par Save the Children ont montré que cela entraînait des niveaux élevés de possession et d'utilisation des moustiquaires, avec 92% des enfants ayant déclaré dormir sous une moustiquaire en août 2012. De plus, Save the Children continue de jouer un rôle déterminant dans la promotion de l'utilisation des moustiquaires par le biais des écoles et dans les centres de loisir à travers l'initiative des leaders communautaires dans la région. L'utilisation actuelle des MII, associée à la fourniture de la CPS, devrait considérablement réduire le risque d'infection par le paludisme dans la zone d'étude.

Les dosages suivaient les recommandations de l'OMS pour l'enrichissement à domicile des PMN. L'évaluation de l'intervention a nécessité la collecte d'échantillons de sang prélevés à la piqûre au doigt chez les enfants, ce qui peut causer un gêne temporaire au moment de la piqûre. Afin de minimiser cet inconfort, l'hémoglobine et la ferritine sérique ont été mesurées et une lame de

paludisme préparée à partir d'échantillons sanguins prélevés au même point de piqûre au doigt, à l'aide de procédures stériles. Les enfants présentant une anémie sévère (Hb <5 g / dl) ont été conduits dans un établissement de santé pour une évaluation clinique urgente et une anémie modérée (<8 g / dl) traitée avec 30 jours de fer par jour et référée pour suivi.

4.8.4. Autres considérations éthiques

- Pour protéger les droits de l'enfant, tous les membres du personnel du projet et de l'enquête ont été informés de la politique de Save the Children sur la sécurité des enfants.
- La recherche a été menée conformément aux principes d'éthique pour la recherche et l'évaluation établis par le Département britannique du développement international, qui a été adopté par le SIEF. Le personnel de recherche a été formé aux normes internationales en vigueur en matière d'éthique de la recherche et aux principes de bonne pratique clinique (BPC).

4.9. Résultats

4.9.1. Analyse descriptive

La couverture et l'acceptabilité des interventions ont été évaluées à travers une enquête auprès des parents et/ou dans les registres de suivi des agents d'administration des PMN, en mai 2016. Les taux de couverture et l'acceptabilité pour chacune des interventions sont résumés dans le tableau 4.VII.

4.9.2. Couverture et acceptabilité

4.9.2.1. Fortification à domicile avec des poudres de micronutriments

4.9.2.1.1. Couverture

Dans les villages d'intervention, environ 80% des parents ont déclaré, avoir donné les PMN à leurs enfants. Parmi lesquels, 85% l'avaient donné 4 à 7 fois au cours des sept jours précédents (tableau VII). Bien que, la couverture déclarée dépassait 80%, dans plus de la moitié des villages d'intervention (17/30), la couverture variait d'un village à l'autre, allant de 38% à 97%; suggérant une certaine adoption et acceptation de l'intervention. Les données relevées dans les registres des agents d'administration montrent que, le nombre d'enfants ayant reçu les PMN a augmenté de janvier à avril 2016 (8028 à 11741). Cela suggère que, tous les enfants n'ont pas reçu les quatre passages de distribution de PMN. Une proportion non négligeable de parents interrogés dans les villages de contrôle (environ 20%) CDPE et non-CDPE, ont également déclaré avoir ajouté des PMN à l'alimentation de leurs enfants. Cela peut être dû à des déclarations erronées, résultant d'un problème de rappel de mémoire et/ou d'un biais de désirabilité sociale dans les déclarations parentales. Ces données pourraient également être un résultat de distribution des PMN, par d'autres ONG au cours des trois dernières années (comme décrit ci-dessus). Le taux de couverture était plus à, qu'à Sikasso, 68% contre 36%. Dans les groupes de contrôle CDPE et non CDPE, la proportion des enfants ayant reçu les PMN était respectivement de 49% et 71% à Yorosso et 14% et 9% à Sikasso. Ceci est une préoccupation potentielle pour l'étude, car, l'utilisation de PMN chez les enfants des villages des groupes de contrôle, pouvant réduire la différence de l'état nutritionnel entre les deux bras d'expérimentation, et donc la capacité de l'essai à démontrer l'impact de l'intervention de PMN. En fait, l'UNICEF a mis en place un programme de distribution des PMN dans la région de Sikasso entre 2014 et 2015. Ce programme qui a duré 12 mois, ciblait les enfants de 6 à 24 mois. Comme, le programme a été réalisé entre janvier et avril 2016 et l'enquête a eu lieu six mois plus tard (juin – juillet 2016), le programme de l'UNICEF pourrait avoir un impact limité, sur la population d'étude. De plus, à Yorosso, les résultats de cette étude puissent être affectés par les autres programmes chez les jeunes enfants, les résultats chez la cohorte des enfants âgés de 5 ans, ne devraient pas être affectés.

4.9.2.1.2. Acceptabilité

Parmi ceux qui ont déclaré avoir donné des PMN à leurs enfants, l'acceptabilité de l'intervention était généralement élevée (tableau 4.VII). Peu de parents avaient eu du mal à donner des PMN à leurs enfants, 92,4% d'entre eux n'ont signalé aucune difficulté. Plus de 90% des parents ont déclaré que leur enfant appréciait la nourriture avec les PMN et 97,8% des parents souhaiteraient donner à nouveau les PMN à leurs enfants.

La plupart des parents (91%) ont signalé avoir noté des changements chez leur enfant depuis l'administration des PMN. Les changements les plus fréquemment mentionnés incluent : l'appétit de l'enfant a augmenté (65%) ; était moins malade (50%) ; plus actif (38%) et plus obéissant que d'habitude (14%). Les changements négatifs ont été notés, tels que le fait que l'enfant soit plus malade (5%) ; moins actif (5%) ; vomissements (5%) ; diarrhée (3%) ; selles de couleur noire (2%) ; et fièvre / maladie respiratoire (1%).

4.9.2.2. Couverture de la CPS

La couverture en CPS de 2015, qui a été évaluée (août - décembre), en demandant aux parents, si leurs enfants avaient reçu ou pas au moins une CPS. La couverture déclarée de la CPS était supérieure à 90 % dans les trois bras de l'étude. La couverture la plus élevée était dans le bras d'intervention de PMN, avec 96,8% (tableau 4.VII).

4.9.2.3. Couverture de soins et développement de la petite enfance

Les centres de CDPE fonctionnent sous la supervision du chef de l'établissement de l'école primaire locale, mais sont presque entièrement gérés et financés par la communauté. Le nombre d'inscriptions au CDPE varie entre 15 et 150 enfants, en fonction de la taille du village et du niveau d'engagement des parents. L'inscription au centre de CDPE est volontaire et le niveau de participation, reflète donc, l'importance que les parents accordent à la valeur du centre, le nombre d'enfants éligibles dans la tranche d'âge et les moyens à leur disposition. Le coût de la participation au CDPE est fixé par la communauté et varie selon les villages, mais se situait généralement autour de 500 F CFA (0,90 dollars américains) par enfant et par mois. Les activités

du CDPE comprennent l'initiation des enfants d'âge préscolaire aux lettres, aux chiffres, aux jeux de comptage et de calcul précoce, ainsi qu'à une variété de jeux.

Tableau 4. VII : Couverture et acceptabilité des interventions, déterminées par des entrevues avec les parents

Interventions	Intervention			Contrôle CDPE			Contrôle non-CDPE		
	PMN+ EP			EP			Rien		
	Obs.	%	T	Obs.	%	T	Obs.	%	T
Couverture CPS‡ (2015)	1101	96,8	1137	978	87,2	10733	846	91,7	923
Couverture PMN	910	78,3	1163	202	18,0	1120	207	21,8	950
Acceptabilité PMN									
Pris PMN : >= 4 jours - semaine précédente	772	84,8	910	134	65,3	202	165	79,7	207
Enfants aiment PMN	857	94,4	908	183	90,6	202	198	95,7	207
Pas (rarement) difficulté à donner PMN	835	92,4	904	178	89,0	200	196	94,7	207
Veulent donner PMN année suivante	891	97,9	910	198	99,0	200	202	97,6	207
Couverture éducation parentale®	496	44,3	1119	374	36,2	1034	335	36,8	910

Notes : ‡ Tous les enfants âgés de moins de 5 ans dans les 90 villages étudiés devraient avoir reçu la CPS en 2015 dans le cadre du programme gouvernemental national ; ® : Les parents qui ont déclaré avoir participé à une réunion communautaire où ils ont appris des choses sur la nutrition de l'enfant ou la stimulation cognitive. Les réponses pourraient inclure la participation à une séance d'information organisée en association avec les distributions des PMN, ainsi que celles organisées dans le cadre du programme de développement de la petite enfance. Les deux programmes ont transmis des messages clés sur la nutrition des enfants, les interactions parents-enfants, la stimulation cognitive et l'apprentissage précoce. EP : Education Parentale.

4.9.2.3.1. Inscription d'enfants au CDPE

Parmi les 60 villages étudiés (Intervention PMN et Contrôle CDPE), 33,2% (377/1136) des enfants de 3 ans et 51,2% (596/1163) des 5 ans étaient inscrits dans un CDPE. Les taux d'inscription de CDPE signalés étaient plus élevés dans les villages d'intervention (PMN) que dans les autres villages du groupe contrôle avec CDPE, pour des raisons inconnues. Dans les villages sans CDPE, moins de 2% des enfants étaient inscrits dans un CDPE (tableau 4.VIII).

Cependant, la proportion d'enfants inscrits variait considérablement entre les villages, allant de 14 à 94% dans les villages d'intervention du PNM et de 5 à 74% dans les villages de contrôle du CDPE (données non présentées).

Tableau 4. VIII : Inscription au CDPE pour la cohorte des enfants de 2 ans

	Intervention PMN			Contrôle CDPE			Contrôle non-CDPE		
	Obs.	%	T	Obs.	%	T	Obs.	%	T
Enfants 3 ans	238	41,5	583	139	25,4	553	4	0,9	463
Enfants 5 ans	323	55,0	590	273	47,9	573	9	1,8	493

4.9.2.3.2. Participation à des sessions d'information pour les parents

Les séances d'éducation parentale et nutritionnelle, étaient organisées en tant que réunions communautaires, ouvertes à tous ceux qui ont des enfants âgés de 0 à 8 ans, vivant dans la communauté, y compris les parents dont les enfants ne sont pas inscrits à un CDPE.

Dans l'ensemble, 37,3% des parents interrogés ont déclaré avoir assisté à une ou plusieurs réunion (s) d'information : 44,3%, 36,2% et 36,8% respectivement dans les villages d'intervention, des villages de contrôles et non-CDPE (tableau 4.VII).

4.9.3. Caractéristiques des enfants et des ménages enquêtés

Le nombre d'enfants d'âgés de 5 ans, enquêtés dans le groupe de contrôlé non-CDPE était faible. Pour cette raison, seulement le groupe d'intervention et le groupe de contrôle CDPE ont été inclus dans les analyses.

4.9.3.1. Enfants de la cohorte de cinq ans

Les données sur caractéristiques des enfants âgés de 5 ans et de leurs ménages ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire structuré auprès des parents (tableau 4.IX).

Dans les deux bras, la grande majorité des enfants enquêtés vivaient dans des ménages, où le bambara ou le shenara était la principale langue parlée à la maison. L'agriculture de subsistance constituait la principale source de revenus et le niveau d'instruction des parents était

généralement faible, seuls 20,2% des pères et 16,4% des mères étaient scolarisés. Quatre parents sur dix, ont déclaré que, le manque de ressources financières avait impacté sur le régime alimentaire de leurs enfants au cours des quatre dernières semaines, 6,7% d'entre eux avaient affirmé que, par manque de nourriture leurs enfants s'étaient parfois couchés, sans manger. Environ la moitié des enfants résidant dans les villages dotés de CDPE étaient actuellement inscrits au CDPE, 55,0% des enfants interrogés dans les villages d'intervention et 47,9% des enfants les villages de contrôle CDPE.

Les caractéristiques des ménages des enfants dans le groupe d'intervention étaient, généralement similaires à celles des enfants du groupe de contrôle CDPE, très peu de différences étaient observées dans la plupart des paramètres examinés.

La proportion des enfants ayant reçu la CPS, était plus élevée dans le groupe d'intervention, que le groupe contrôle (97,6% contre 92,2%, $p < 0,001$). Cette différence peut refléter le fait, qu'en plus des messages nutritionnels spécifiques, les séances d'information organisées dans les villages d'intervention avaient abordé la santé des enfants en général, y compris la prévention et le traitement du paludisme. La proportion des enfants ayant dormi sous une moustiquaire la nuit précédant l'enquête était similaire entre les deux groupes (93,0% contre 87,2%). = 0,074)

En ce qui concerne les micronutriments, 79,6% les parents du groupe d'intervention avaient déclaré avoir ajouté, les PMN dans les nourritures de leurs enfants. Comme discuté dans la section précédente, des distributions de PMN ont également été effectuées par d'autres ONG, dans certains des villages des groupes de contrôle avec CPDE et sans CDPE, ce qui peut expliquer les 21,2% des enfants du bras de contrôle du CDPE qui aurait reçu des PMN.

En résumé, globalement, le processus de randomisation a été efficace, car, les caractéristiques des deux groupes d'enfants de 5 ans (intervention et contrôle CDPE) étaient comparables. Néanmoins, il y avait une différence entre les deux bras, concernant la proportion des enfants ayant reçu la CPS. De plus, le groupe de contrôle CDPE semble avoir été contaminé par l'intervention avec des PMN.

Tableau 4. IX : Caractéristiques des enfants de 5 ans et de leurs ménages selon le groupe d'intervention en juillet 2016, après trois ans d'intervention

	Intervention (N = 590)		Contrôle CDPE (N = 573)		valeur-p
	Obs.	Pourcent	Obs.	Pourcent	
Sexe					
Masculin	306	52,6	308	54,1	0,477
Féminin	282	48,0	261	45,9	
Langue principale parlée à la maison					
Bamara	207	35,1	180	31,5	0,925
Shenara	295	50,1	291	50,9	
Mamara	35	5,9	30	5,2	
Français	0	0	2	0,4	
Autres	52	8,8	69	12,1	
Alphabétisation mère					
Non alphabétisée	478	81,6	484	86,4	0,048
Alphabétisée	108	18,4	76	13,6	
Scolarisation mère					
Non scolarisée	481	81,9	460	81,4	0,8
Scolarisée	106	18,1	105	18,6	
Alphabétisation père					
Non alphabétisé	382	66,4	376	67,1	0,893
Alphabétisé	193	33,6	184	32,9	
Scolarisation père					
Non scolarisé	468	80,6	433	77,1	0,286
Scolarisé	113	19,5	129	22,9	
Source revenu ménage					
Agriculture de subsistance	551	93,3	518	90,6	0,236
Autres revenus	37	6,3	54	9,4	
Construction de maisons (toit)					
Chaume ou terre (banco)	39	6,6	42	7,3	0,548
Tôle de zinc, carrelage, béton	550	93,4	530	92,7	
Construction de maisons (murs)					
Terre (banco) ou aucune	565	96,9	540	94,9	0,398
Briques ou béton cuits	20	3,4	20	3,4	
Construction de maisons (étage)					
Terre (banco)	384	65,2	366	64,0	0,869
Carreaux ou béton	205	34,8	206	36,0	
Principale source d'éclairage					
Lampe, torche, bougie, etc.	100	17,0	103	18,0	0,822
Panneau solaire/électricité	488	83,0	449	82,0	
Manque ressources financ. limitant regime alimentaire : 4 dernières semaines	215	37,1	199	35,5	0,615
Enfant dormi sans mangé par manque de nourriture : 4 semaines dernières	43	7,3	29	5,1	0,318
Enfant dormi sous une moustiquaire la nuit précédente	547	93,3	497	87,2	0,074
Enfants ayant reçu des comprimés antipaludiques (CPS) en 2015	563	97,6	505	92,2	0,001
Enfant inscrit au CDPE	323	55,0	273	47,9	0,171
Enfant ayant déjà reçu des PMN	460	79,6	112	21,2	-

4.9.3.2. Enfants de la cohorte de trois ans

Les caractéristiques des enfants de la cohorte âgée de 3 ans, des villages d'intervention et contrôle sont présentées dans le tableau 4.X. Comme, dans la cohorte des enfants plus âgés, la plupart des enfants de 3 ans des deux groupes, vivaient dans des ménages où le bambara ou le shenara était la principale langue parlée à la maison. L'agriculture de subsistance constituait la principale source de revenus et le niveau d'instruction des parents était généralement faible : seuls 20,8% des pères et 18,9% des mères étaient scolarisés. Quatre parents interrogés sur dix ont déclaré que, le manque de ressources financières avait limité le régime alimentaire de leurs enfants au cours des quatre dernières semaines, 8,1% d'entre eux ont affirmé que, leurs enfants s'étaient, parfois couchés sans manger par manque de nourriture.

Les caractéristiques des ménages des enfants de 3 ans étaient similaires entre le groupe d'intervention et le groupe de contrôle. La proportion de scolarisation des mères et de pères des enfants du groupe d'intervention était légèrement moins, élevée que celle des parents du groupe de contrôle CDPE, mais la différence, n'étaient pas statistiquement significative (respectivement mères : 19,6% contre 24,8% et pères : 25,0 % contre 21,7%, $p = 0,067$ et $p = 0,451$). La structure des maisons (compositions des matériels) ainsi que les autres indicateurs socio-économiques étaient similaires entre les deux groupes.

Concernant, l'utilisation des moyens de prévention du paludisme, la proportion des enfants ayant dormi sous une moustiquaire la nuit précédant l'enquête, était similaire entre les groupes d'intervention et de contrôle. La proportion des enfants ayant reçu la CPS, était plus élevée dans le groupe d'intervention que dans le groupe de contrôle (96,1% contre 90,1%, $p = 0,006$). Comme discuté précédemment, cela pourrait être dû probablement les messages généraux sur la santé au cours des séances d'information, y compris la prévention et le traitement du paludisme, dans les villages d'intervention.

Concernant l'enrichissement à domicile avec les micronutriments, 81% des parents du groupe d'intervention, avaient déclaré avoir ajouté les PMN dans les nourritures de leurs enfants. Comme cela, a été observé également, dans la cohorte des enfants, plus âgés, 17,6% des enfants du groupe contrôle auraient également reçu des PMN.

Bien qu'il existait des CDPE, dans les villages des deux groupes, le taux d'inscription des enfants aux CDPE était plus élevé dans le groupe d'intervention que dans le groupe de contrôle 41,5% contre 25,4% ($p = 0,006$).

En résumé, le processus de randomisation semble, avoir été efficace car, les caractéristiques des enfants de 3 ans et celles des ménages dans lesquels, ils vivaient étaient comparables entre les groupes (intervention et contrôle CDPE). Cependant, il y avait une différence entre les deux bras, concernant la proportion des enfants ayant reçu la CPS ainsi que le taux d'inscription au CDPE. De plus, le groupe de contrôle semble avoir été contaminé par l'intervention avec les PMN.

Tableau 4. X : Caractéristiques des enfants de 3 ans et de leurs ménages selon le groupe d'intervention en juillet 2016, après trois ans d'intervention

	Intervention (N = 583)		Contrôle CDPE (N = 553)		valeur p
	Obs.	Pourcent	Obs.	Pourcent	
Sexe					
Masculin	282	48,7	294	53,2	
Féminin	297	51,3	259	46,8	0,169
Langue principale parlée à la maison					
Bamara	201	34,9	187	34,0	
Shenara	289	50,2	266	48,4	
Mamara	37	6,4	25	4,6	0,882
Français	1	0,2	1	0,2	
Autres	48	8,3	71	12,9	
Alphabétisation mère					
Non alphabétisée	476	83,7	445	81,5	0,403
Alphabétisée	93	16,3	101	18,5	
Scolarisation mère					
Non scolarisée	460	80,4	413	75,2	0,067
Scolarisée	112	19,6	136	24,8	
Alphabétisation père					
Non alphabétisé	362	63,8	365	67,6	0,417
Alphabétisé	205	36,2	175	32,4	
Scolarisation père					
Non scolarisé	447	78,3	405	75,0	0,451
Scolarisé	124	21,7	135	25,0	
Source revenu ménage					
Agriculture de subsistance	545	94,8	506	92,2	0,125
Autres revenus	30	5,2	43	7,8	
Construction de maisons (toit)					
Chaume ou terre (banco)	41	7,1	36	6,6	0,812
Tôle de zinc, carrelage, béton	534	92,9	513	93,4	
Construction de maisons (murs)					
Terre (banco) ou aucune	549	95,8	500	92,4	0,077
Briques ou béton cuits	24	4,2	41	7,6	
Construction de maisons (étage)					
Terre (banco)	373	64,8	313	56,9	0,164
Carreaux ou béton	203	35,3	237	43,1	
Principale source d'éclairage					
Lampe, torche, bougie, etc.	111	19,3	112	20,4	0,698
Panneau solaire/électricité	465	80,7	438	79,6	
Manque ressources financ. limitant regime alimentaire : 4 dernières semaines	223	39,5	199	36,7	0,506
Enfant dormi sans mangé par manque de nourriture : 4 semaines dernières	48	8,4	36	6,6	0,42
Enfant dormi sous une moustiquaire la nuit précédente	528	92,2	489	89,4	0,378
Enfants ayant reçu des comprimés antipaludiques (CPS) en 2015	537	96,1	473	90,1	0,006
Enfant inscrit au CDPE	238	41,5	139	25,4	0,006
Enfant ayant déjà reçu des PMN	451	81,0	89	17,6	-

4.9.4. Effet de l'intervention de PMN sur les indicateurs biomédicaux chez les enfants âgés de 5 ans

Un nombre similaire d'enfants de cinq ans ont été enquêtés dans les deux groupes de villages, lors des enquêtes finales menées en juillet 2016, pour évaluer l'effet biomédical de l'intervention : 590 enfants dans les 30 villages de CDPE ayant bénéficié de l'intervention (PMN) et 573 enfants dans les 30 villages de contrôle (CDPE). Les villages de contrôle n'avaient pas reçu l'intervention au cours des années précédentes et devraient donc, être représentatifs des résultats attendus du groupe d'intervention en l'absence d'intervention (contrefactuel). Étant donné que, les villages de CDPE ont été assignés de façon aléatoire au bras d'intervention ou de contrôle, les

caractéristiques des deux groupes de villages de CDPE et celles des enfants enquêtés devraient être similaires entre les groupes.

Les données des indicateurs biomédicaux mesurés chez les enfants âgés de cinq ans en juillet 2016, après trois ans de mise en œuvre de l'intervention, des deux groupes sont résumées dans le tableau 4.XI.

4.9.4.1. Effet de l'intervention du PMN sur l'anémie

L'anémie était très prévalente dans la population de l'étude, avec plus de 50% des enfants de la cohorte de 5 ans ayant une concentration en hémoglobine (Hb) < 11,0 g / dL. En revanche, l'anémie modérée à sévère (Hb < 10,0 g / dL) était moins prévalente, autour de 22% dans les deux groupes. Ces résultats indiquent, l'anémie, bien que très répandue, était relativement légère dans plus de la moitié des cas enregistrés. Aucune différence n'a été observée dans la prévalence de l'anémie chez les enfants de 5 ans entre le groupe d'intervention et le groupe de contrôle : 51,3% contre 53,0%; rapport de cotes ajusté de 0,90 IC à 95% de 0,60 à 1,35) ; p = 0,607. La prévalence de l'anémie sévère à modérée dans les deux groupes était comparable : 22,1% contre 22,7%; rapport de cotes ajusté 0,94 (IC 95% 0,64-1,40) ; p = 0,770.

La concentration moyenne d'Hb était également similaire entre les deux groupes : 10,8 contre 10,78 g/dL. Cependant, la ferritine sérique chez les enfants des villages d'intervention était légèrement supérieure à celle des enfants des villages de contrôle : 90,0 contre 74,4 µg / dL, soit une augmentation significative de + 15,6 µg / dL, p = 0,002.

La prévalence de l'infection palustre (une autre cause fréquente d'anémie dans la zone d'étude) était également similaire entre les deux groupes de l'étude, indiquant que l'absence apparente d'effet de l'intervention sur l'anémie, n'était pas due à une différence de risque de paludisme. En effet, les résultats de l'analyse totalement ajustée (tenant compte du sexe, du statut d'infection du paludisme de l'enfant, de la langue parlée à la maison, de l'alphabétisation de la mère et du quintile de richesse) étaient similaires aux résultats de l'analyse non ajustée.

4.9.4.2. Effet de l'intervention de PMN sur les autres indicateurs nutritionnels

Les effets chroniques d'une mauvaise alimentation pendant la petite enfance se manifestaient par un retard de croissance et un poids insuffisant à l'âge de cinq ans. Dans l'ensemble, un enfant sur cinq de la cohorte des 5 ans, présentait un retard de croissance (taille supérieure à 2 écarts-types en dessous de la moyenne par âge dans la population de référence de l'OMS). Une proportion similaire d'enfants avait un poids insuffisant (poids supérieur à 2 écarts-types en dessous de la moyenne par âge dans la population de référence de l'OMS). En revanche, la prévalence de la malnutrition aiguë, mesurée en fonction de l'indice de masse corporelle pour l'âge, ne dépassait pas 8% dans aucun des deux groupes.

La prévalence du retard de croissance était essentiellement le même dans les deux bras : 21,8% contre 22,2%; rapport de cotes ajusté 0,84 (IC à 95%: 0,54 à 1,30) ; $p = 0,422$. La proportion d'insuffisance pondérale était également similaire : 21,8% contre 18,5%; rapport de cotes ajusté 1,01 (IC à 95% de 0,72 à 1,42) ; $p = 0,934$. Il n'y avait pas non plus de preuve de l'effet sur la prévalence de la malnutrition aiguë : 7,0% contre 7,9%; rapport de cotes ajusté 0,84 (IC à 95%: 0,51-1,37) ; $p = 0,478$. De même, les scores z pour la taille pour l'âge, le poids pour l'âge et l'IMC pour l'âge dans la cohorte des cinq ans étaient identiques entre les deux bras.

Tableau 4. XI : Effet de l'intervention PMN sur la santé des enfants de 5 ans en juillet 2016

	Intervention			Contrôle CDPE			Rapports de cotes				
	obs.	Pourcent	N	Obs.	Pourcent	N	Non ajustés		Ajustés ²		Valeur p
							95% IC	Valeur p	95% IC	Valeur p	
Anémie: Hb <11g/dL (résultat principal)	272	51,3	530	292	53,0	551	0,91 [0,60, 1,38]	0,643	0,9 [0,60, 1,35]	0,607	
Anémie: Hb <10g/dL	117	22,1	530	125	22,7	551	0,95 [0,63, 1,45]	0,826	0,94 [0,64, 1,40]	0,77	
Retard de croissance	115	21,8	528	121	22,2	546	1 [0,65, 1,53]	0,998	0,84 [0,54, 1,30]	0,422	
insuffisance pondérale	115	21,8	528	101	18,5	546	1,24 [0,87, 1,77]	0,23	1,01 [0,72, 1,42]	0,934	
Malnutrition aiguë	37	7,0	546	43	7,9	546	0,88 [0,55, 1,40]	0,591	0,84 [0,51, 1,37]	0,478	
Infection palustre [®]	37	37,4	529	212	38,6	549	-	-	-	-	
	Moy.	ET.		Moy.	ET.		Diff. 95% CI	valeur p	Diff. 95% CI ‡	valeur p	
Hémoglobine (g/dL)	10,8	1,3		10,8	1,3		0,02 [-0,3, 0,27]	0,884	0,02 [-0,21, 0,25]	0,869	
Férritine sérique	90,02	2,2		74,4	2,0		0,18 [0,05, 0,31]	0,006	0,18 [0,07, 0,30]	0,002	
Z-score Taille-pour-âge [®]	-1,11 (1,43)	1,2		-1,0	1,4		-	-	-	-	
Z-score Poids-pour-âge [®]	-1,15 (1,10)			-1,1	1,1		-	-	-	-	
Z-score IMC-pour-âge [®]	-0,62 (0,91)	0,9		-0,7	1,0		-	-	-	-	
Densité parasitaire [®]	1224,15 (11,94)	11,9		982,4	6,1		-	-	-	-	

Notes : Le poids en fonction de la taille n'est pas évalué chez les enfants de cinq ans. [®] Les différences de résultats supplémentaires entre les groupes n'ont pas été soumises à des tests statistiques. [‡] Les analyses entièrement ajustées tiennent compte des rapports sexuels, de l'infection palustre de l'enfant, de la langue parlée à la maison, de l'alphabétisation maternelle et du quintile de richesse. Toutes les

4.9.5. Effet de l'intervention de PMN sur les indicateurs biomédicaux chez les enfants âgés de trois ans

Un nombre comparable d'enfants âgés de trois ans ont été examinés pour déterminer les résultats biomédicaux dans chacun des deux groupes de villages en juillet 2016 : 583 enfants dans les 30 villages de CDPE ayant bénéficié de l'intervention des (PMN) et 553 enfants dans les 30 villages de contrôle (CDPE). Les données sur les résultats biomédicaux des deux groupes de villages de CDPE sont résumées dans le tableau 4.XII. Les enfants des villages d'intervention auraient été éligibles aux PMN à partir de l'âge de 6 mois, et donc, auraient reçu des PMN chaque année, depuis leur sevrage.

Par rapport à la cohorte plus âgée de 5 ans en 2016, la prévalence de l'anémie était plus élevée dans la cohorte plus jeune, près de 60% des enfants âgés de 3 ans étant anémiés dans les deux bras. L'anémie modérée à sévère ($Hb < 10,0$ g / dL) était également légèrement plus prévalente que celle observée chez les enfants plus âgés. En revanche, la prévalence du paludisme chez les enfants de 3 ans était inférieure à celle des enfants plus âgés. La prévalence du retard de croissance était similaire dans les deux groupes.

4.9.5.1. Effet de l'intervention de PMN sur l'anémie

L'anémie était très prévalente, plus de 57% des enfants de la cohorte de 3 ans avaient une concentration en hémoglobine (Hb) $< 11,0$ g / dL. Cependant, comme on l'a également observé chez les enfants plus âgés, la prévalence de l'anémie modérée à sévère ($Hb < 10,0$ g / dL) était beaucoup plus faible, ce qui indique que l'anémie était relativement légère, dans plus de la moitié des cas enregistrés.

La prévalence de l'anémie chez les enfants âgés de 3 ans vivant entre les villages du groupe d'intervention (PMN) et ceux du groupe de contrôle (CDPE) : 57,6% contre 60,1 %; rapport de cotes ajusté de 0,84 (IC à 95% de 0,59 à 1,21) ; $p = 0,352$. De même, la prévalence de l'anémie sévère à modérée était similaire entre les deux groupes : 27,1% contre 31,3%; rapport de cotes ajusté 0,70 (IC 95% 0,47-1,04) ; $p = 0,081$. La concentration moyenne d'Hb était similaire dans

les deux groupes : 10,59 et 10,44 g / dL. Les taux de ferritine sérique étaient également similaires entre les deux groupes : 71,5 et 69,4 $\mu\text{g} / \text{dL}$, $p = 0,771$.

Les indicateurs du paludisme (prévalence de l'infection, densité parasitaire), qui constitue une autre cause fréquente d'anémie dans la zone d'étude, étaient similaires entre les deux groupes de l'étude, indiquant encore que l'absence apparente d'effet de l'intervention sur l'anémie n'était pas due à une différence du risque de paludisme. Les résultats de l'analyse totalement ajustée étaient similaires à ceux de l'analyse non ajustée.

4.9.5.2. Effet de l'intervention du PMN sur d'autres indicateurs nutritionnels

Dans l'ensemble, un enfant sur cinq souffrait d'un retard de croissance, et entre 13,4% et 15% des enfants avaient un poids insuffisant. En revanche, la prévalence de la malnutrition aiguë, mesurée en fonction du poids pour la taille, ne dépassait pas 5% dans aucun des groupes.

La prévalence du retard de croissance était similaire dans les deux groupes : 25,2% contre 22,6%; rapport de cotes ajusté 1,13 (IC 95% 0,69-1,84) ; $p = 0,634$. La proportion d'insuffisance pondérale était également similaire : 15,0% contre 13,4% ; rapport de cotes ajusté 1,07 (IC à 95% de 0,68 à 1,69) ; $p = 0,753$. Il n'y avait pas non plus de preuve d'effet sur la prévalence de la malnutrition aiguë : 4,2% vs 4,8% ; $p = 0,580$. De même, aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes en ce qui concerne les scores z pour la taille pour l'âge, le poids pour l'âge, le poids pour la taille et l'IMC pour l'âge dans la cohorte des trois ans.

4.9.6. Impact sur la fonction cognitive

4.9.6.1. Effet de l'intervention de PMN sur les performances cognitives et la maturité scolaire chez les enfants âgés de cinq ans en juillet 2016

Un nombre similaire d'enfants de cinq ans ont été enquêtés entre le groupe de villages d'intervention (PMN) et le groupe de contrôle (CDPE). Au total, 474 enfants dans les 30 villages

d'intervention et 497 enfants dans les 30 villages de contrôle ont été enquêtés pour évaluer les performances cognitives et la maturité scolaire (tableau 4.XIII).

Tableau 4. XII : Effet de l'intervention PMN sur la santé chez les enfants de 3 ans en juillet 2016

	Intervention			Contrôle CDPE			Rapports de cotes			
	obs.	Pourcent	N	obs.	Pourcent	N	Non ajustés 95% IC		Ajustés 95% IC	
							valeur p	valeur p	valeur p	valeur p
Anémie: Hb <11g/dL	310	57,6	538	309	60,1	514	0,89 [0,63-1,26]	0,517	0,84 [0,59-1,21]	0,352
(résultat principal)	146	27,1	538	161	31,3	514	0,80 [0,52-1,21]	0,283	0,70 [0,47-1,04]	0,081
Anémie sévère à modérée: Hb < 10g/dL	131	25,2	519	113	22,6	500	1,16 [0,72-1,88]	0,547	1,13 [0,69-1,84]	0,634
Retard de croissance	78	15,0	519	67	13,4	500	1,14 [0,73-1,76]	0,564	1,07 [0,68-1,69]	0,753
insuffisance pondérale	22	4,2	519	24	4,8	500	0,87 [0,46-1,64]	0,666	0,83 [0,44 -1,59]	0,580
Malnutrition aigüe	155	29,0	534	136	26,5	513	-	-	-	-
Infection palustre ¹	60	11,2	534	63	12,3	513	-	-	-	-
	Moy.	ET.		Moy.	ET.		Diff. 95% IC	valeur p	Diff. 95% IC	valeur p
Hémoglobine (g/dL)	10,6	1,4		10,4	1,5		0,15 [-0,10 -0,40]	0,243	0,19 [-0,54-0,43]	0,129
Férritine sérique	71,52	2,1		69,4	2,5		0,03 [-0,11-0,17]	0,663	0,02 [-0,12-0,16]	0,771
Z-score Taille-pour-âge [®]	-0,9	1,7		-0,9	1,0		-	-	-	-
Z-score Poids-pour-âge [®]	-0,4	0,9		-0,5	0,9		-	-	-	-
Z-score IMC-pour-âge [®]	-0,4	0,9		-0,4	0,98		-	-	-	-
Densité parasitaire [®]	497,7	15,5		992,3	14,2		-	-	-	-

Notes : [®] Les différences de résultats supplémentaires entre les armes n'ont pas fait l'objet de tests statistiques. [‡] Analyses entièrement ajustées pour tenir compte du sexe, de l'infection palustre de l'enfant, de la langue parlée à la maison, de l'alphabétisation maternelle et du quintile de richesse. Toutes les analyses tiennent compte du regroupement au sein des villages.

Aucune différence n'a été observée dans les performances des tâches conçues pour évaluer les compétences de base en alphabétisation cognitive-linguistique chez les enfants âgés de 5 ans entre le groupe d'intervention et le groupe de contrôle. En effet, les résultats des tests étaient similaires entre les deux groupes quel que soit le test effectué. Les tests effectués étaient l'attention soutenue, la mémoire de travail, l'autorégulation du comportement (recherche visuelle, étendue des chiffres, DRA, instructions mixtes, TEGP) et les compétences cognitives clés de base pour le développement et les progrès scolaires en alphabétisation et en calcul chez les jeunes enfants. Les performances dans les tâches qui évaluaient également les compétences linguistiques (vocabulaire expressif, DRA) étaient également identiques entre les deux groupes d'enfants testés.

Tableau 4. I : Effet de l'intervention PMN sur les performances cognitives chez les enfants de 5 ans en mai - juin 2016

	Intervention (N = 474)		Contrôle CDPE (N = 497)		Effet Intervention bootstrap [*]	
	Moy.	(ET.)	Moy.	(ET.)	Diff. Non ajustée 95% IC	Diff. ajustée 95% IC ‡
Recherche visuelle (nombre correct, max 33)	26,9	(7,1)	26,7	(7,1)	0,27 [-1,16 , 1,78]	0,07 [-1,26 , 1,45]
Recherche visuelle : (nombre d'erreurs)	2,5	(5,2)	2,4	(4,6)	0,07 [-0,56 , 0,66]	-0,06 [-0,69 , 0,61]
Instructions mixtes : (nombre correct, max 6)	5,6	(1,0)	5,5	(1,1)	0,05 [-0,10 , 0,19]	0,05 [-0,10 , 0,20]
Têtes, épaules, genoux et orteils[TEGP] (score total)	26,4	(12,2)	27,7	(12,0)	-1,34 [-3,09 , 0,37]	-1,26 [-3,08 , 0,67]
Chiffres de l'étendue de mesure	2,7	(0,76)	2,8	(0,83)	-0,09 [-0,22 , 0,04]	-0,07 [-0,22 , 0,06]
Vocabulaire expressif : (nombre de mots - total sur 2 catégories)	8,9	(3,2)	8,8	(3,4)	-0,01 [-0,76 , 0,64]	0,07 [-0,65 , 0,70]
Temps DRA (secondes ; total sur 2 essais)	136,5	(61,3)	137,3	(56,8)	-0,61 [-11,53 , 10,49]	-2,32 [-13,47 , 9,36]

Notes : Les données ont été analysées à l'aide de modèles linéaires mixtes avec un effet aléatoire du village pour tenir compte du regroupement au sein de la communauté. Comme les données sur les résultats n'étaient pas normalement distribuées, la méthode bootstrap a été utilisée (2 000 répétitions) et le biais a été corrigé, des intervalles de confiance bootstrap à 95 % sont indiqués. †Analyses entièrement ajustées tenant compte du sexe, de la langue parlée à la maison, de l'inscription au DPE, de l'alphabétisation maternelle et du quintile de richesse. DRA : dénomination rapide automatisée

4.9.6.2. Effet de l'intervention de PMN sur les performances cognitives et la maturité scolaire chez les enfants âgés de 3 ans

Le nombre d'enfants de trois ans enquêtés en juillet était similaire entre le groupe d'intervention (PMN) et le groupe de contrôle (CDPE) pour évaluer les performances cognitives et la maturité scolaire après trois ans d'intervention. Au total, il a été enquêtés 474 enfants dans les 30 villages d'intervention et 497 enfants dans les 30 villages contrôle.

Les performances dans les tâches conçues pour évaluer les compétences de base cognitive-linguistiques chez les enfants âgés de 3 ans (y compris l'attention soutenue, la mémoire de travail, l'autorégulation du comportement et les compétences linguistiques) ne différaient pas entre les enfants des villages du groupe d'intervention et les enfants des villages du groupe de contrôle (Tableau 4.XIV).

Tableau 4. II : Effet de l'intervention PMN sur les résultats cognitifs chez les enfants de trois ans évalués en mai - juin 2016, après trois ans d'intervention

	Intervention	Contrôle CDPE	Effet Intervention bootstrap [®]	
	(N = 474) Moy. (ET)	(N = 497) Moy. (ET.)	Diff. Non ajustée 95% IC	Diff. ajustée 95% IC ‡
Recherche visuelle (nombre correct, max 33)	22,5 (9,5)	21,9 (8,6)	0.78 [-1.14 - 2.70]	0.22 [-1.72 - 2.14]
Recherche visuelle : (nombre d'erreurs)	3,5 (4,5)	3,8 (4,8)	-0.35 [-1.00 - 0.34]	-0.20 [-0.87 - 0.45]
Instructions mixtes: (nombre correct, max 6)	7,3 (3,1)	6,7 (2,9)	0.60 [-0.03 - 1.21]	0.51 [-0.09 - 1.16]
Têtes, épaules, genoux et orteils [TEGP] (score total)	118,2 (58,2)	118,4 (58,8)	-0.93 [-13.0 - 9.9]	0.31 [-11.91 - 12.07]

Notes : Les enfants de trois ans n'ont pas reçu d'instructions mixtes sur l'envergure des chiffres, la tête, les épaules, les genoux et les orteils et n'ont pas reçu d'instructions mixtes à ce sujet. [®]Les données ont été analysées à l'aide de modèles linéaires mixtes avec un effet aléatoire du village pour tenir compte du regroupement au sein de la communauté. Comme les données sur les résultats n'étaient pas normalement distribuées, la méthode bootstrap a été utilisée (2 000 répétitions) et le biais a été corrigé, des intervalles de confiance bootstrap à 95 % sont indiqués. [‡]Analyses entièrement ajustées tenant compte du sexe, de la langue parlée à la maison, de l'inscription au CDPE, de l'alphabétisation maternelle et du quintile de richesse.

4.9.7. Coûts des interventions

L'analyse a été effectuée du point de vue du fournisseur de services, sur un horizon d'un an. Cinq stratégies ont été mises en œuvre par deux fournisseurs différents. Le ministère de la Santé a mis en œuvre les campagnes de CPS, déparasitage et supplémentation en vitamine A. Les coûts de ces trois stratégies n'ont pas pu être évalués à cause des problèmes d'accessibilité aux données. Par conséquent, l'analyse des coûts ne concernait que l'intervention avec des PMN et le programme de développement de la petite enfance qui ont été mis en œuvre par Save the Children.

Les coûts de la recherche et de l'évaluation sont exclus de cette analyse, car le gouvernement ne devrait pas avoir la perspective d'évaluer l'impact du programme.

4.9.7.1. Bénéficiaires

Les bénéficiaires directs sont les enfants âgés de 6 à 59 mois dans groupe de l'intervention (PMN) et les 2 à 5 ans dans le groupe de contrôle (CDPE).

Les PMN ont été livrés pendant 4 mois, de janvier à avril 2016. Un total de 24 091 boîtes de PMN ont été distribuées en 2016 ; 7728, 6472, 5839 et 4052 boîtes respectivement en janvier,

février, mars et avril 2016. Une boîte contient 30 doses quotidiennes pour couvrir un mois de supplémentation pour un enfant.

L'intervention de Save the Children au niveau des 60 CDPE, en plus de la construction des bâtiments, comprenait des soutiens en ressources matériels didactiques, la formation des monitrices et l'éducation parentale. De 2015 à 2016, 11 012 enfants inscrits dans ces 60 centres de CDPE ont participé au projet.

4.9.7.2. Coûts total et unitaire

Les coûts annuels totaux des programmes PMN et CDPE en 2015/16 s'élevaient respectivement à 171 082 USD (101 816 352 XOF) et à 851 904 USD (474 088 317 XOF) (Tableau 4.XV). Ceux-ci incluent les coûts financiers et économiques. La composante des coûts de gestion représente la plus grande partie des coûts totaux du programme des PMN avec 58,1%; tandis que pour le programme CDPE, les coûts d'exécution de l'intervention représentaient la majeure partie du coût total avec 85,1%.

Au total, 7 728, 6 472, 5 839 et 4 052 enfants ont participé au quatre passages de distribution des PMN respectivement en janvier, février, mars et avril en 2016, soit un total de 24 091 enfants. Pendant l'année scolaire 2015/2016, 10 112 enfants étaient inscrits dans les 60 CDPE.

Le coût par enfant supplémenté était 7 USD (4 226 XOF). Le coût d'éducation par enfant dans les CDPE était 184 USD (46 884 XOF).

4.9.7.3. Analyse de sensibilité

Les tableaux 4.XVI et 4.XVII présentent une répartition des coûts par élément, la part des coûts de chaque élément dans le coût total, ainsi que l'analyse de la variation des coûts liée à l'incertitude du temps (analyse de sensibilité) pour l'intervention (PMN) et le programme - CDPE.

Tableau 4. III : Coûts totaux et unitaires pour les PMN et les programmes de DPE, et la part des coûts de gestion et d'intervention dans les coûts totaux

	PMN					PDPE				
	Gestion		Intervention			Gestion		Intervention		
	total					total				
Coût total	%total		%total			%total		%total		
USD	98891	57.8	72191	42.2	171082	125225	17.2	726679	85.3	851904
XOF	59119139	58.1	42697214	41.9	101816352	70458123	17.5	403630195	85.1	474088317
Coût par enfant										
USD	4	57.1	3	42.9	7	12	14.3	72	85.7	84
XOF	2454	58.1	1772	41.9	4226	6968	14.9	39916	85.1	46884

4.9.7.3.1. Intervention PMN

Le coût de l'intervention PMN était fonction des coûts de l'implémentation (frais PMN, paiement des agents distributeur, frais de transport et supervision et expertise externe), et des formations (paiement formateurs et distributeurs, frais de location des salles et nourritures). (tableau 4.XVI). Concernant la gestion de l'intervention, les coûts étaient principalement liés au coût du personnel, représentant 71,1% le coût total de gestion (tableau 4.XVII).

Les prix de plusieurs intrants tels que, les PMN peuvent fluctuer avec le temps, ce qui pourrait avoir une répercussion sur le coût total de la mise en œuvre de l'intervention. Par exemple, une variation supposée du prix des PMN de $\pm 25\%$ se traduirait par une augmentation du coût total de la mise en œuvre de l'intervention de 7,1% (77 537 USD ; 45 859 157 XOF), ou une diminution de 7,1% (66 845 USD ; 39 535 270 XOF), tableau 4.XI. De la même manière, une variation des frais de transport de $\pm 50\%$, due par exemple à une augmentation du prix du carburant, pourrait modifier le coût total de la livraison des PMN de $\pm 1,6\%$ (tableau 4.XVI). Avec une augmentation des salaires de 10%, le coût total de la gestion du programme des PNM augmenterait de 86 159 USD (12,87%, tableau 4.XVI).

4.9.7.3.2. Programme CDPE

Le coût total de la mise en œuvre du programme CDPE, était fonction des coûts du personnel et de la formation représentant respectivement 33,3% et 24,8% (tableau 4 XVIII). En ce qui

concerne la gestion du programme, le coût de transport était le plus élevé avec 41% du coût total, suivi du coût de fournitures de bureau et de magasin qui représentait 15,4% (tableau XIX).

Pour l'analyse de sensibilité (tableau 4.XVIII), nous avons identifié le salaire et les frais de transport comme les paramètres susceptibles de varier dans le temps à cause des éventuels chocs économiques. Par exemple, une inflation du salaire de 10%, le coût total de mise en place du programme CDPE augmentera de 3,18%. De la même, si les frais de transport augmente de 50% sur une période de 20 ans par exemple, le coût de la gestion du programme augmentera de 21,38% (tableau 4.XIX).

En résumé, le coût de mise en œuvre du programme CDPE était largement plus élevé que celui de l'intervention - PMN avec respectivement 851 904 USD (474 088 317 XOF) et 17 1082 USD (101816352 XOF). Ainsi l'administration des poudres de micronutriments à un enfant supplémentaire pendant quatre mois coûte 7 USD (4 226 XOF), alors que pour faire participer un enfant supplémentaire à un programme CDPE, il faut prévoir 84 USD (46 884 XOF).

Pour les deux programmes, la de formation, le transport et le personnel étaient les plus coûteux.

Tableau 4. IV : Coût d'exécution de l'intervention PMN, part des coûts de chaque élément et analyse de sensibilité

	Coût (XOF)	Coût (USD)	%total.class	%total.interv	(Trsprt ±50% XOF)	(Trsprt ±50% USD)	PMN (±25% XOF)	PMN (±25% USD)
Coût de formation	-	-	-	-	-	-	-	-
Païement des formés	3318100	5610	16.89	-	3318100	5610	3318100	5610
Païement des formateurs	3030220	5123	15.43	-	3030220	5123	3030220	5123
Nourritures	2160000	3652	11.0	-	2160000	3652	2160000	3652
Supervision	63830	108	0.32	-	63830	108	63830	108
Transport	335780	568	1.71	-	503670	852	335780	568
Location salle	150000	254	0.76	-	150000	254	150000	254
Formation anthropométriques	10582100	17892	53.88	-	10582100	17892	10582100	17892
Total	19640030	33207	100	44.3	19807920	33490	19640030	33207
Equipment	-	-	-	-	-	-	-	-
Matériels monitoring	61667	104	7.93	-	61667	104	61667	104
Registre	20000	34	4.29	-	20000	34	20000	34
Moto	662500	1120	56.78	-	662500	1120	662500	1120
Total formation	744167	1258	100	5.3	744167	1258	744167	1258
Intervention	-	-	-	-	-	-	-	-
Frais PMN	12647775	21384	56.68	-	12647775	21384	15809719	26730
Païement distributeur	7290000	12326	32.67	-	7290000	12326	7290000	12326
Transport	1088862	1841	4.88	-	1633293	2762	1088862	1841
Supervision	1220740	2064	5.47	-	1220740	2064	1220740	2064
Expertise externe	65640	111	0.29	-	65640	111	65640	111
Total intervention	22313017	37726	100	50.4	22857448	38646	25474961	43072
Total	42697214	72191	-	100	43409535	73395	45859157	77537
Sensibilité	-	-	-	-	1.6	1.6	7.1	7.1

Tableau 4. V : Coûts de gestion du programme PMN, part des coûts de chaque élément et analyse de sensibilité

	Cost (XOF)	Cost (USD)	%total.class	%total.interv	Salary (-30% XOF)	Salary (+10% XOF)	Salary (-30% USD)	Salary (+10% USD)
Salaire et bénéfices								
Salaire	25100688	42439	59.7	-	17570482	27610757	29707	46683
Assurance	16000000	27052	38.1	-	16000000	16000000	27052	27052
Communication téléphonique	928000	1569	2.2	-	928000	928000	1569	1569
<i>Total personnel</i>	<i>42028688</i>	<i>71060</i>	<i>100</i>	<i>71.1</i>	<i>34498482</i>	<i>44538757</i>	<i>58329</i>	<i>75304</i>
Gestion administrative directe								
Ordinateur portable	163989	277	26.0	-	163989	163989	277	277
Imprimante-scanner	107460	182	17.1	-	107460	107460	182	182
Téléphone bureau	83700	142	13.3	-	83700	83700	142	142
Table de bureau	200000	338	31.7	-	200000	200000	338	338
Chaise	75000	127	11.9	-	75000	75000	127	127
<i>Total administration directe</i>	<i>630149</i>	<i>1065</i>	<i>100</i>	<i>1.1</i>	<i>630149</i>	<i>630149</i>	<i>1065</i>	<i>1065</i>
Gestion administrative indirecte								
Frais de loyer	2161440	3654	14.2	-	2161440	2161440	3654	3654
Sécurité	6657248	11256	43.7	-	6657248	6657248	11256	11256
Nettoyage et gestion du bâtiment	1777680	3006	11.7	-	1777680	1777680	3006	3006
Eau	95184	161	0.6	-	95184	95184	161	161
Electricité	2162000	3655	14.2	-	2162000	2162000	3655	3655
Internet	667024	1128	4.4	-	667024	667024	1128	1128
Téléphone	265248	448	1.7	-	265248	265248	448	448
Climatisation	412362	697	2.7	-	412362	412362	697	697
Insecticide	280000	473	1.8	-	280000	280000	473	473
Utilisation de véhicule	768200	1299	5.0	-	768200	768200	1299	1299
<i>Total gestion administrative indirecte</i>	<i>15246386</i>	<i>25778</i>	<i>100</i>	<i>25.8</i>	<i>15246386</i>	<i>15246386</i>	<i>25778</i>	<i>25778</i>
Travel and accommodation								
Accommodation	140000	237	24.0	-	140000	140000	237	237
Travel	443766	750	76.0	-	443766	443766	750	750
<i>Total voyage et prise en charge</i>	<i>583766</i>	<i>987</i>	<i>100</i>	<i>1.0</i>	<i>583766</i>	<i>583766</i>	<i>987</i>	<i>987</i>
TOTAL-TOUS	59119139	98891	-	-	50958783	60999058	86159	103135
<i>Analyse de sensibilité</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>13.8</i>	<i>-3.2</i>	<i>12.9</i>	<i>-4.3</i>

Tableau 4. XVIII : Coût de livraison de l'intervention - CDPE, part des coûts de chaque élément et analyse de sensibilité

	Coût (XOF)	Coût (USD)	%class total	%Interv total	Salaire (-30% XOF)	Salaire (+10% XOF)	Salaire(-30% USD)	Salaire (+10% USD)
Dépenses - personnel-PDPE	-	-	-	-	-	-	-	-
Salaire	56547356	95608	94.34	-	39583149	62202091	66926	105169
Impôt sur les salaires	1437819	2431	2.40	-	1006473	1581601	1702	2674
Assurance	0	0	0.00	-	0	0	0	0
Indemnité de départ	1754980	2967	2.93	-	1754980	2967	2967	2967
Scolarité	200000	338	0.33	-	200000	200000	338	338
Total	59940154	101344	100.00	14.9	42544602	63986659	71933	111148
Autres personnel - Save the Children	-	-	-	-	-	-	-	-
Salaire	86053682	145496	86.05	-	60237578	94659051	101847	160046
Impôt sur les salaires	1803284	3049	1.80	-	1262299	1983613	2134	3354
Assurance	9259634	15656	9.26	-	9259634	9259634	15656	15656
Indemnité de départ	2412929	4080	2.41	-	2412929	2412929	4080	4080
Loyer personnel	50000	85	0.05	-	50000	50000	85	85
Scolarité	430000	727	0.43	-	430000	430000	727	727
Total	100009530	169092	100.00	24.8	73652440	108795227	124529	183947
Formation	-	-	-	-	-	-	-	-
Formation des formateurs	1260167	2131	2.76	-	1260167	1260167	2131	2131
Formeurs (matériels, perdiem...)	129089318	218259	94.34	-	129089318	129089318	218259	218259
Local salle (pour la formation)	3965000	6704	2.90	-	3965000	3965000	6704	6704
Total	134314485	231355	100.00	33.3	134314485	134314485	227094	227094
Implementation programme	-	-	-	-	-	-	-	-
Sensibilisation (communautés)	207810	351	0.23	-	207810	207810	351	351
Développement des CDPE (réception)	3523600	5958	3.82	-	3523600	3523600	5958	5958
Approvisionnement (équipements, fournitures...)	10762363	18197	34.97	-	10762363	10762363	18197	18197
Documentation (livres, manuels...)	18301661	30944	19.82	-	18301661	18301661	30944	30944
Alphabétisation des monitrices et des mères à Sikasso	10482000	17723	11.35	-	10482000	10482000	17723	17723
Visites médicales et autres services de santé pour les enfants en situation de petite enfance	8177613	13826	8.86	-	8177613	8177613	13826	13826
Motivations des monitrices (en argent et en nature)	4154000	7023	4.50	-	4154000	4154000	7023	7023
Prix du centre CDPE le plus performant	3695000	6247	4.00	-	3695000	3695000	6247	6247
Suivi (supervision, orientation des monitrices...)	9293656	15713	10.07	-	9293656	9293656	15713	15713
Social (accueil funéraire, gestion des conflits dans les centres)	22250	38	0.02	-	22250	22250	38	38
Construction de centres	54331	92	2.35	-	54331	54331	92	92
Total	68674284	156087	100.00	17.0	68674284	68674284	116112	116112
Other expenditures	-	-	-	-	-	-	-	-
Cérémonies diverses (Journées mondiales de l'enfance, journées mondiales de l'alphabétisation, fête de fin d'année scolaire...)	30380504	51366	74.66	-	30380504	30380504	51366	51366
Dépenses regroupées et autres	10311238	17434	25.34	-	10311238	10311238	17434	17434
Total	40691742	68800	100.00	10.1	40691742	40691742	68800	68800
Tous les totaux	403630195	726679	-	100.0	359877553	416462396	608467	707100
Analyse de sensibilité	-	-	-	-	10.84	-3.18	16.27	2.69

Tableau 4. XIX : Coûts de gestion du programme CDPE, part des coûts de chaque élément et analyse de sensibilité

	Cost (XOF)	Cost (USD)	%total class	%manag.total	Trsprt (±50% XOF)	Trsprt (±50% USD)
Immeuble de bureaux-boutiques (location, fourniture)	-	-	-	-	-	-
Location de bureaux	1287866	2177	10.8	-	1287866	2177
Location de magasins	543750	919	4.6	-	543750	919
Communication téléphonique (facture payement)	3626337	6131	30.5	-	3626337	6131
Envoi du courrier postal	16000	27	0.1	-	16000	27
Internet	91000	154	0.8	-	91000	154
Déplacement des installations locales (fonctionnement du combustible et des génératrices)	934120	1579	7.9	-	934120	1579
Approvisionnement pour le magasin	1915825	3239	16.1	-	1915825	3239
Sécurité (matériaux, services, nourriture, logement...)	632810	1070	5.3	-	632810	1070
Eau (eau, entretien, entretien, entretien du château d'eau...)	97423	165	0.8	-	97423	165
Compteur électrique	17260	29	0.4	-	51779	88
Électricité (consommation d'électricité et entretien)	919745	1555	7.7	-	919745	1555
Climatisation (maintenance)	164553	278	1.4	-	164553	278
Nettoyage d'immeubles de bureaux (services et fournitures)	92201	156	0.8	-	92201	156
Fourniture pour le fonctionnement du bureau (consommables pour imprimantes et ordinateurs portables...)	1507570	2549	12.7	-	1507570	2549
Total	11846460	20088	100	15.4	11880979	20088
Transaction	55305	94	100	0.1	55305	94
Réunion de travail (personnel, communautés,)	16679812	28202	100	21.6	16679812	28202
Voyages (nationaux et internationaux)	3235598	5471	100	4.2	3235598	5471
Transport				-	-	0
Transport par un fournisseur contractuel	10322123	17452	32.59	-	15483185	26178
Transport par Save the Children (carburant, maintenances pour voitures et motos...)	21352146	36101	67.41	-	32028219	54152
Total	31674269	53554	100	41.0	47511404	80330
Manutention manuelle	101500	172	100	0.1	101500	172
Hébergement (hôtel, maison d'hôtes)	4896471	8279	100	6.3	4896471	8279
Equipelement				-	-	-
Dispositif d'air conditionné acheté	146533	248	10.02	-	879200	1487
Moto achetée	1475000	2494	50.42	-	4425000	7482
Installation des panneaux du logo de Save the Children	347175	587	39.56	-	3471750	5870
Total	1968708	14838	100	11.35	8775950	14838
Tous les totaux	70458123	125225		100	93137018	157472
Analyse de sensibilité					21.4	25.8

4.10. Discussion et conclusion

En conclusion, dans les deux groupes d'âge examinés, l'intervention nutritionnelle (PMN) n'a eu aucun impact sur la réduction de la prévalence de l'anémie chez les enfants d'âge préscolaire. Il n'y avait pas non plus de preuve d'amélioration d'autres indices nutritionnels après trois ans de mise en œuvre de l'intervention. Rien n'indique non plus que l'intervention ait amélioré les performances cognitives ou la maturité scolaire.

Les pertes de suivi ont été d'environ 20 % parmi les deux groupes d'âge d'enfants recrutés au départ en 2013, et un ré-échantillonnage a été effectué pour améliorer la puissance statistique en fin de compte. Dans ces circonstances, le biais dû aux pertes différentielles pourrait constituer un problème potentiel. Cependant, aucune preuve circonstancielle n'indique que l'attrition différentielle s'est produite entre les deux groupes d'étude : les interventions auraient été bien acceptées auprès des parents et des enfants. Il n'y a eu aucun refus documenté ou retrait de consentement. Les pertes du suivi étaient principalement dues à l'émigration, et on peut donc présumer que les données manquantes étaient aléatoires. De plus, les caractéristiques des enfants examinés en 2016 étaient bien équilibrées entre groupe d'intervention et du groupe de contrôle.

Le risque d'échec de la randomisation est accru dans les essais de randomisation en grappes avec un petit nombre de grappes, mais nous n'avons trouvé aucun signe de déséquilibre dans les caractéristiques des enfants interrogés entre les deux groupes randomisés. Cependant, il y avait un déséquilibre entre les groupes en ce qui concerne, la proportion de celles qui ont déclaré avoir reçu un traitement préventif contre le paludisme en 2015, ainsi que des différences dans les inscriptions au CDPE. Cela suggère que l'engagement accru des parents par le biais de l'intervention (PMN) aurait augmenté la probabilité de participation aux campagnes de distribution des médicaments de la CPS, ainsi que la probabilité qu'un enfant ait fréquenté un CDPE tout au long de l'année. Comme le paludisme peut également causer l'anémie, une exposition accrue à la CPS dans le groupe d'intervention permettrait difficilement de conclure que toute réduction de l'anémie est due uniquement aux PMN. Toutefois, comme aucune différence n'a été observée entre les deux groupes en ce qui concerne l'anémie, cette question n'est pas particulièrement préoccupante dans cette étude. En effet, les résultats de l'analyse ajustée de l'impact de l'anémie due à l'intervention, qui tenait compte des différences

individuelles au niveau de l'infection palustre chez les enfants, ont confirmé que ce déséquilibre ne peut expliquer l'effet nul.

Tous les enfants résidant dans la communauté étaient admissibles pour recevoir des micronutriments, et donc, l'inscription au CDPE n'a pas déterminé l'accès à l'intervention. Les données ont été analysées en fonction de l'intention de traiter, ce qui inclut tous les enfants, qu'ils aient ou non reçu l'intervention en micronutriments. Cependant, la participation à des cours de CDPE pourrait influencer sur les résultats de performances cognitives et la maturation scolaire (indépendamment de l'intervention nutritionnelle), pouvant constituer ainsi, un facteur de confusion important en ce qui concerne les résultats cognitifs. Les analyses des résultats de tests cognitifs ont été ajustées pour tenir compte de l'inscription au CDPE.

En résumé, les estimations ajustées et non ajustées de l'effet de l'intervention sur les indicateurs biomédicaux et cognitifs étaient similaires. A partir de ces preuves statistiques, combinées à la similitude remarquable des mesures de résultats entre les groupes, ainsi qu'à la cohérence entre tous les résultats mesurés, nous pouvons être certains que les conclusions nulles ne sont pas dues à des biais d'échantillonnage ou de confusion.

4.11. Limites

Une des limites inhérentes à l'utilisation d'enquêtes par questionnaire, pour recueillir des données sur le comportement des parents exposés à des informations sur les pratiques parentales, est que les rapports des parents avec les enquêteurs, peuvent être sujets à un biais de désirabilité sociale. En d'autres termes, les parents qui ont assisté à une ou plusieurs séances d'éducation parentale, peuvent être plus enclins à signaler un comportement ou un autre attribut du ménage, qui leur a été jugé bon pour le développement de l'enfant, mais cela ne correspond pas nécessairement à la réalité quotidienne de la vie de cet enfant ou la fréquence à laquelle le comportement se produit réellement à la maison. Le seul moyen de confirmer que les comportements positifs signalés se sont réellement produits est l'observation directe, technique longue et coûteuse qui n'a pas été utilisée dans cette étude. Néanmoins, au minimum, nous pouvons être sûrs que les pratiques rapportées fournissent des preuves, confirmant que, les parents ont reçu et se rappellent facilement les messages - une première étape essentielle du changement de comportement. Une

meilleure connaissance des parents et une meilleure compréhension des mesures pratiques, pouvant être prises, pour soutenir le développement de l'enfant, ne peuvent être que bénéfiques et ouvrir la voie à l'amélioration de la nutrition, de la santé et du développement cognitif des jeunes enfants, dont ils ont la garde.

La principale limite des enquêtes sur les coûts était liée à l'insuffisance de détails sur les informations recueillies. Certaines données de coûts, ont été recueillies à partir des dépenses archivées dans les différentes unités des bureaux de Save the Children à Sikasso et Bamako (unités financières, logistiques et administratives) ; les informations étaient regroupées, de sorte qu'il était impossible de saisir les coûts individuels de tous les éléments.

CONCLUSION GENERALE

Partant du constat des progrès réalisés, mais aussi, des défis qui restent à relever, en matière des ODD, cette thèse s'est intéressée à la problématique du développement liée au paludisme, sans avoir eu, la prétention de résoudre toutes les préoccupations en la matière, car elles sont aussi vastes que difficile à cerner.

Depuis l'engagement international, à partir de l'année 2000, les niveaux des indicateurs considérés comme essentiels au développement ont globalement progressé (OMDs, 2015). Cependant, certains pays, sont restés loin des objectifs qui étaient fixés à l'horizon 2015. Parmi, ces pays, figuraient la plupart des pays de l'Afrique sub-Saharienne, dont pour certains pays, il sera difficile d'atteindre l'objectif de développement global, fixé à l'horizon 2030. Bien que, les régions du monde, font face à certains défis communs développement, chaque région ou pays se caractérise par des défis qui lui sont spécifiques. La santé, l'éducation et la fécondité sont au cœur du développement en Afrique sub-Saharienne.

Les recherches de cette thèse qui ont été menées au Mali et Burkina Faso, deux pays frontaliers, à revenu faible qui partagent pratiquement, les mêmes défis de développement. Le problème de santé marqué par des niveaux élevés de maladies infectieuses, dont le paludisme qui fait partie des trois maladies principales responsable des morbidités et de la mortalité chez les enfants. Bien que, l'accès aux soins du paludisme ait été amélioré depuis les OMDs, le niveau de leur utilisation restait faible. La fécondité était élevée, atteignant, en moyenne de 6 enfants par femme.

A travers une étude quasi-expérimentale et trois études contrôlées randomisées, cette thèse a évalué l'impact du paludisme sur la fécondité, le revenu et l'éducation et cherché à identifier des stratégies qui pourront permettre l'utilisation appropriée des soins du paludisme et améliorer le développement de la petite enfance.

Les premiers travaux de cette thèse ont consisté à évaluer l'impact du paludisme sur la fécondité, en utilisant les données d'enquête démographique et de santé du Mali de 2006 et 2012. Pour ce faire, la méthode de double différence a été utilisée. L'une des contraintes de cette méthode réside, sur la définition du bon contrefactuel qui permettra de faire une analyse de causalité. En se référant à la stratégie empirique utilisée par Thuiliez al. (2017), les groupes ethniques affectés différemment par le paludisme, ont permis d'identifier un modèle original. Nos résultats

montrent que le paludisme a un effet négatif sur la fécondité. La mortalité infantile, les conséquences du paludisme pendant la grossesse et le niveau d'éducation des femmes étaient des facteurs qui déterminent l'effet du paludisme sur la fécondité.

Ensuite, nous nous sommes intéressées à analyser l'effet du paludisme sur les revenus des ménages et l'investissement dans l'éducation. Pour cela, nous avons réalisé une étude contrôlée randomisée dans un village rural du Mali. L'existence de la gratuité des soins du paludisme pour les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes, mais faiblement utilisés et l'efficacité de la causerie éducative en santé ont permis de définir quatre groupes aléatoires. Les résultats montrent que, chez les ménages qui ont respecté leur groupe, l'effet du paludisme est négatif sur le revenu et l'investissement dans l'éducation, à travers l'amélioration de l'utilisation des soins de prévention du paludisme (moustiquaires).

Dans la troisième étude, un essai contrôlé randomisé également, a été réalisé au Burkina Faso. L'objectif était d'identifier des stratégies novatrices pour améliorer l'efficacité dans l'utilisation des soins du paludisme. Les messages ont été diffusés aux membres de ménages à travers un système de téléphone mobile. L'impact de la fréquence et du type de messages sur l'utilisation et l'adoption des moustiquaires a été évalué. Les messages de rappels, avaient un effet immédiat et l'augmentation de leur fréquence était associée à un niveau élevé de protection. Un effet d'apprentissage par la pratique a été observé.

Enfin, la quatrième étude avait pour objectif d'évaluer l'impact et le coût des stratégies combinées de lutte contre les maladies les plus prévalentes chez les enfants (anémie, paludisme) au Mali. Elle a consisté à assigner de façon aléatoire des villages à 3 groupes selon le type d'intervention (poudres de micronutriments, CDPE, CPS). Bien que, la mise en œuvre de l'étude a nécessité une mobilisation d'importantes ressources, les interventions n'ont eu d'impact sur le développement de la petite enfance.

En conclusion, les recherches de cette thèse montrent que, le paludisme constitue un poids pour le développement économique à travers ses effets sur la fécondité et le revenu, pénalisant ainsi, l'investissement dans le capital humain. Nos résultats contribuent à la littérature existante sur l'effet négatif du paludisme sur le développement économique.

Au regard des résultats et des limites de ces études, des recherches futures sont nécessaires afin d'apporter plus de clarifications sur les questions abordées dans cette thèse.

L'effet du paludisme sur la fécondité, nous apprend que le succès de la lutte contre le paludisme entrainera un changement de la structure de la population. Ce changement, sera caractérisé par une expansion des jeunes enfants, dont il faut anticiper les ressources nécessaires à investir dans le développement de leur capital humain.

Les deux études, qui ont évalué l'impact des messages d'information sur les comportements des individuels et collectifs sont d'une importance capitale dans le règlement du marché des soins de santé. Elles montrent clairement que l'échec du marché des soins de santé, peut être résolu, en adressant des messages pour rappeler ou informer à des membres clés des ménages. En effet, les deux méthodes de diffusion d'informations (causerie éducative et plateforme de téléphonie mobile), qui ont été testées dans deux études différentes et ciblant deux populations distinctes (chef de ménage et mère), étaient efficaces pour amplifier l'utilisation des soins du paludisme. Cependant, la méthode du système de téléphonie semble être plus efficiente, car elle peut être appliquée à une large échelle, même dans les zones les plus reculées et ne nécessite pas une mobilisation de ressources humaines et matérielles sur le terrain. Le taux de participation aux séances d'information était plus élevé dans la méthode classique (causerie éducative), que dans la méthode de téléphonie (participation : lecture ou écoute de messages). De plus, les messages diffusés à travers la plateforme de téléphonie mobile étaient en français, ce qui limite appropriation du contenu.

Il s'avère nécessaire de mener des recherches futures, pour mieux cerner l'échec du marché des soins de santé, en tenant compte de l'hétérogénéité des populations, en termes de langues parlées, de conception locale des ménages où chaque membre a un rôle bien défini et de l'accessibilité (géographique ou technologiques). Pour un diagnostic complet du problème du marché des soins de santé et afin d'identifier les stratégies efficaces et économiquement soutenables, en plus de la demande, on doit faire s'intéresser à l'offre du système de la santé.

REFERENCES

- About, Frances E. 2006. "Evaluation of an Early Childhood Preschool Program in Rural Bangladesh." *Early Childhood Research Quarterly* 21(1): 46–60. <https://doi.org/10.1016%2Fj.ecresq.2006.01.008>.
- Adhvaryu, Achyuta. 2014. "Learning, Misallocation, and Technology Adoption: Evidence from New Malaria Therapy in Tanzania." *Review of Economic Studies* 81(4): 1331–65.
- Aizer, Anna, and Laura Stroud. 2010. *Education, Knowledge and the Evolution of Disparities in Health*. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386%2Fw15840>.
- Aliaga, Alfredo, and Ruilin Ren. 2006. *Optimal Sample Sizes for Two-Stage Cluster Sampling in Demographic and Health Surveys*. www.measuredhs.com (December 22, 2019).
- Altmann, Steffen, and Christian Traxler. 2014. "Nudges at the Dentist." *European Economic Review* 72: 19–38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eurocorev.2014.07.007>.
- Angrist, Joshua et al. 2007. "Disease and Development: Evidence from Hookworm Eradication in the American South* H." (February).
- Arama, Charles et al. 2011. "Interethnic Differences in Antigen-Presenting Cell Activation and TLR Responses in Malian Children during Plasmodium Falciparum Malaria." ed. Francesco Dieli. *PloS one* 6(3): e18319. <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0018319> (June 22, 2018).
- Armstrong Schellenberg, Joanna R.M. et al. 2001. "Effect of Large-Scale Social Marketing of Insecticide-Treated Nets on Child Survival in Rural Tanzania." *Lancet* 357(9264): 1241–47.
- Arroyo, Cristino R., and Junsen Zhang. 1997. "Dynamic Microeconomic Models of Fertility Choice: A Survey." *Journal of Population Economics* 10(1): 23–65. <http://link.springer.com/10.1007/s001480050030> (May 16, 2017).
- Ashraf, Nava, B. Kelsey Jack, and Emir Kamenica. 2013. "Information and Subsidies: Complements or Substitutes?" *Journal of Economic Behavior and Organization* 88: 133–39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jebo.2012.12.031>.
- Audibert, M, J Mathonnat, and M C Henry. 2003. "Malaria and Property Accumulation in Rice Production Systems in the Savannah Zone of Côte d'Ivoire." *Tropical Medicine & International Health* 8(5): 471–83. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12753643/>.
- Audibert, Martine. 1986. "Agricultural Non-Wage Production and Health Status: A Case Study in a Tropical Environment." *Journal of Development Economics* 24(2): 275–91. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304387886900933> (August 27, 2018).
- .2004. "Lutte Contre Le Paludisme : Approche Économique Des Obstacles à Son Contrôle (Commentaire)." *Sciences sociales et santé* 22(4): 25–33. https://www.persee.fr/doc/sosan_0294-0337_2004_num_22_4_1635 (April 6, 2019).
- Audibert, Martine, Jacky Mathonnat, and Marie-claire Henry. 2003. "Social and Health Determinants of the Efficiency of Cotton # d ' Ivoire Farmers in Northern C Ote." 56: 1705–17.
- Avvisati, Francesco, Besbas Bruno Guyon, Nina. 2010. "Parental Involvement in School Policy-Making." *Revue d'économie politique* 120(0373–2630): 759–78. <https://www.cairn.info/revue-d-economie-politique-2010-5-page-759.htm>.
- Bakken, Linda, Nola Brown, and Barry Downing. 2017. "Early Childhood Education: The Long-Term Benefits." *Journal of Research in Childhood Education* 31(2): 255–69. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02568543.2016.1273285> (October 14, 2019).
- Barofsky, Jeremy, Tobenna D. Anekwe, and Claire Chase. 2015. "Malaria Eradication and Economic Outcomes in Sub-Saharan Africa: Evidence from Uganda." *Journal of Health*

- Economics* 44: 118–36.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167629615000855> (May 17, 2017).
- Bassi, Vittorio, and Imran Rasul. 2014. “A Case Study of Papal Influences on Fertility Preferences and Behavior.” 9(4): 1–3.
- Becker, Gary S. 1965. “A Theory of the Allocation of Time.” *The Economic Journal* 75(299): 493.
- Bekman, Sevda, Ayhan Aksu-Koç, and Eser Erguvanli-Taylan. 2011. “Effectiveness of an Intervention Program for Six-Year-Olds: A Summer-School Model.” *European Early Childhood Education Research Journal* 19(4): 409–31.
<https://doi.org/10.1080%2F1350293x.2011.623508>.
- Benabou, Roland, and Jean Tirole. 2003. “Intrinsic and Extrinsic Motivation.” *Review of Economic Studies* 70(3): 489–520. <https://doi.org/10.1111%2F1467-937x.00253>.
- Beogo, Idrissa, Nicole Huang, Maxime K. Drabo, and Yazoumé Yé. 2016. “Malaria Related Care-Seeking-Behaviour and Expenditures in Urban Settings: A Household Survey in Ouagadougou, Burkina Faso.” *Acta Tropica* 160: 78–85.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.03.033>.
- Bereczky, S et al. 2006. “Spleen Enlargement and Genetic Diversity of Plasmodium Falciparum Infection in Two Ethnic Groups with Different Malaria Susceptibility in Mali, West Africa.” *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 100(3): 248–57. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16298405> (April 23, 2017).
- Bertrand, Marianne et al. 2010. “What’s Advertising Content Worth? Evidence from a Consumer Credit Marketing Field Experiment.” *Quarterly Journal of Economics* 125(1): 263–305. <https://doi.org/10.1162%2Fqjec.2010.125.1.263>.
- Best, Cora et al. 2011. “Can Multi-Micronutrient Food Fortification Improve the Micronutrient Status, Growth, Health, and Cognition of Schoolchildren? A Systematic Review.” *Nutrition Reviews* 69(4): 186–204. <https://doi.org/10.1111%2Fj.1753-4887.2011.00378.x>.
- Bleakley, Hoyt, and Fabian Lange. 2009. “CHRONIC DISEASE BURDEN AND THE INTERACTION OF EDUCATION, FERTILITY, AND GROWTH.” 91(1): 52–65.
- Bonner, Suzanne, and Dipanwita Sarkar. 2018. “The Quality-Quantity Trade-off among Australian Children.” *Economic Modelling* 70: 383–89.
- Brown, Jen. 2002. *The Link between Early Learning and Care and School Readiness*. www.EOOnline.org (November 17, 2019).
- Brown, Philip. 2006. “Parental Education and Investment in Children’s Human Capital in Rural China.” *Economic Development and Cultural Change* 54(4): 759–89.
- Burchinal, Margaret et al. 2008. “Predicting Child Outcomes at the End of Kindergarten from the Quality of Pre-Kindergarten Teacher–Child Interactions and Instruction.” *Applied Developmental Science* 12(3): 140–53.
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10888690802199418> (October 11, 2019).
- Busso, Matias, Julian Cristia, and Sarah Humpage. 2015. “Did You Get Your Shots? Experimental Evidence on the Role of Reminders.” *Journal of Health Economics* 44: 226–37.
- Callaghan, William M. et al. 2006. “The Contribution of Preterm Birth to Infant Mortality Rates in the United States.” *Pediatrics* 118(4).
<http://pediatrics.aappublications.org/content/118/4/1566.short> (April 27, 2017).
- Calzolari, Giacomo, and Mattia Nardotto. 2017. “Effective Reminders.” *Management Science* 63(9): 2915–32.

- Camilli, Gregory Vargas Sharon Ryan, and W. Steven Barnett. 2010. "Meta-Analysis of the Effects of Early Education Interventions on Cognitive and Social Development." *Teachers College Record* 112(3): 579–620. <https://uilt.pw/online-meta-analysis-of-the-effects.pdf> (October 11, 2019).
- Caravolas, Markéta et al. 2012. "Common Patterns of Prediction of Literacy Development in Different Alphabetic Orthographies." *Psychological Science* 23(6): 678–86. <https://doi.org/10.1177%2F0956797611434536>.
- Carter, Julie A et al. 2005. "Severe Falciparum Malaria and Acquired Childhood Language Disorder." *Developmental Medicine & Child Neurology* 48(01): 51. <http://doi.wiley.com/10.1017/S0012162206000107> (December 24, 2017).
- Ceccato, P, S J Connor, I Jeanne, and M C Thomson. 2005. "Application of Geographical Information Systems and Remote Sensing Technologies for Assessing and Monitoring Malaria Risk." *Parassitologia* 47: 81–96.
- Chandy, Rajesh K, Gerard J Tellis, Deborah J Macinnis, and Pattana Thaivanich. 2001. "What to Say When: Advertising Appeals in Evolving Markets." *Journal of Marketing Research* 38(4): 399–414. <https://doi.org/10.1509%2Fjmk.38.4.399.18908>.
- Cibulskis, Richard E. et al. 2016. "Malaria: Global Progress 2000 – 2015 and Future Challenges." *Infectious Diseases of Poverty* 5(1): 61. <http://idpjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40249-016-0151-8>.
- Clarke, Siân E et al. 2008. "Effect of Intermittent Preventive Treatment of Malaria on Health and Education in Schoolchildren: A Cluster-Randomised, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial." *The Lancet* 372(9633): 127–38. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18620950> (December 24, 2017).
- . 2017. "Impact of a Malaria Intervention Package in Schools on *Plasmodium* Infection, Anaemia and Cognitive Function in Schoolchildren in Mali: A Pragmatic Cluster-Randomised Trial." *BMJ Global Health* 2(2): e000182. <http://gh.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjgh-2016-000182> (December 28, 2017).
- Cohen, Jessica, and Indrani Saran. 2018. "The Impact of Packaging and Messaging on Adherence to Malaria Treatment: Evidence from a Randomized Controlled Trial in Uganda." *Journal of Development Economics* 134(November 2017): 68–95. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2018.04.008>.
- Cox, Anthony D., Dena Cox, and Susan Powell Mantel. 2010. "Consumer Response to Drug Risk Information: The Role of Positive Affect." *Journal of Marketing* 74(4): 31–44.
- Crompton, Peter D. et al. 2008. "Sickle Cell Trait Is Associated with a Delayed Onset of Malaria: Implications for Time-to-Event Analysis in Clinical Studies of Malaria." *The Journal of Infectious Diseases* 198(9): 1265–75.
- Damgaard, Mette Trier, and Christina Gravert. 2018. "The Hidden Costs of Nudging: Experimental Evidence from Reminders in Fundraising." *Journal of Public Economics* 157(September 2017): 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2017.11.005>.
- De, David, and Matthias Doepke. 2004. "Public versus Private Education When Differential Fertility Matters." 73: 607–29.
- Deressa, Wakgari, Damen Hailemariam, and Ahmed Ali. 2007a. "Economic Costs of Epidemic Malaria to Households in Rural Ethiopia." *Tropical Medicine and International Health* 12(10): 1148–56.
- . 2007b. "Economic Costs of Epidemic Malaria to Households in Rural Ethiopia." *Tropical Medicine & International Health* 12(10): 1148–56. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365->

- 3156.2007.01901.x (April 7, 2019).
- Diallo, O et al. 2012. "Recours Aux {SMS} Pour Convoquer Les Mères Aux Séances de Vaccination à Bobo-Dioulasso." *Bulletin de la Société de pathologie exotique* 105(4): 291–95. <https://doi.org/10.1007%2Fs13149-012-0236-y>.
- Dicko, Alassane et al. 2011. "Intermittent Preventive Treatment of Malaria Provides Substantial Protection against Malaria in Children Already Protected by an Insecticide-Treated Bednet In." 8(2).
- Diirro, Gracious M. et al. 2016. "The Role of Gender on Malaria Preventive Behaviour among Rural Households in Kenya." *Malaria Journal* 15(1): 14. <http://www.malariajournal.com/content/15/1/14> (April 6, 2019).
- Dillon, Andrew, Jed Friedman, and Pieter Serneels. 2014. *Health Information, Treatment, and Worker Productivity Experimental Evidence from Malaria Testing and Treatment among Nigerian Sugarcane Cutters*. <http://econ.worldbank.org>. (April 2, 2019).
- Doepke, Matthias. 2005. "Child Mortality and Fertility Decline: Does the Barro-Becker Model Fit the Facts?" *Journal of Population Economics* 18(2): 337–66.
- Dolo, A et al. 2003. "Epidemiology of Malaria in a Village of Sudanese Savannah Area in Mali (Bancoumana). 2. Entomo-Parasitological and Clinical Study ." *Bulletin de la Societe de pathologie exotique (1990)* 96: 308–12.
2012. "[Relationship between Malaria and Anemia in Two Ethnic Groups Living in Sympatry in Mali]." *Bulletin de la Societe de pathologie exotique (1990)* 105(5): 370–76. <http://link.springer.com/10.1007/s13149-012-0265-6> (June 22, 2018).
- Dolo, Amagana et al. 2005. "Difference in Susceptibility to Malaria between Two Sympatric Ethnic Groups in Mali." *The American journal of tropical medicine and hygiene* 72(3): 243–48. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15772314> (April 23, 2017).
- Doumbo, S. et al. 2013. "Prévalence de Plasmodium Falciparum, de l'anémie et Des Marqueurs Moléculaires de La Résistance à La Chloroquine et à La Sulfadoxine-Pyrim Éthamine Chez Les Femmes Accouchées à Fana, Mali." *Bulletin de la Societe de Pathologie Exotique* 106(3): 188–92.
- Drummond, M. F., B. O'Brien, G. L. Stoddart, and G. W. Torrance. 2005. "Methods for the Economic Evaluation of Health Care Programmes, Second Edition." *American Journal of Preventive Medicine* 14(3): 243. <https://www.amazon.fr/Methods-Economic-Evaluation-Health-Programmes/dp/0198529457> (December 5, 2019).
- Duflo, Esther Kremer, Michael. 2005. "Evaluating Development Effectiveness." In *Use of Randomization in the Evaluation of Development Effectiveness*, <https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=W65uReMt5XAC&oi=fnd&pg=PA205&dq=Use+of+randomization+in+the+evaluation+of+development+effectiveness.+In:+Evaluating+Development+Effectiveness.&ots=tEqiS0nkka&sig=-Y-ho6CHV2CyejrYmEajFWd1OxA#v=onepage&q=Use+of+ran> (January 15, 2020).
- Duflo, Esther, and Emmanuel Saez. 2003. "Social Impact on Retirement Plan Decisions." *Source: The Quarterly Journal of Economics* 118(3): 815–42.
- Dupas, P, and E Miguel. 2017. "Impacts and Determinants of Health Levels in Low-Income Countries." In *Handbook of Economic Field Experiments*, Elsevier, 3–93. <https://doi.org/10.1016%2Fbs.hefe.2016.09.003>.
- Dupas, Pascaline. 2014. "Short-Run Subsidies and Long-Run Adoption of New Health Products: Evidence From a Field Experiment." *Econometrica* 82(1): 197–228.
- Eilander, Ans et al. 2009. "Multiple Micronutrient Supplementation for Improving Cognitive

- Performance in Children: Systematic Review of Randomized Controlled Trials.” *The American Journal of Clinical Nutrition* 91(1): 115–30. <https://doi.org/10.3945%2Fajcn.2009.28376>.
- Engle, Patrice L et al. 2011. “Strategies for Reducing Inequalities and Improving Developmental Outcomes for Young Children in Low-Income and Middle-Income Countries.” *The Lancet* 378(9799): 1339–53. <https://doi.org/10.1016%2Fs0140-6736%2811%2960889-1>.
- Epopa, Patric Stephane et al. 2019. “Seasonal Malaria Vector and Transmission Dynamics in Western Burkina Faso.” *Malaria Journal* 18(1).
- Farooq, M S, A H Chaudhry, M Shafiq, and G Berhanu. 2011. VII Journal of Quality and Technology Management *FACTORS AFFECTING STUDENTS’ QUALITY OF ACADEMIC PERFORMANCE: A CASE OF SECONDARY SCHOOL LEVEL*. <http://pu.edu.pk/images/journal/iqtm/PDF-FILES/01-Factor.pdf> (April 3, 2019).
- Farouk, Salah E et al. 2005. “Different Antibody- and Cytokine-Mediated Responses to Plasmodium Falciparum Parasite in Two Sympatric Ethnic Tribes Living in Mali.” *Microbes and Infection* 7(1): 110–17. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1286457904003284> (June 22, 2018).
- Fernihough, Alan. 2017. “Human Capital and the Quantity-Quality Trade-off during the Demographic Transition.” *Journal of Economic Growth* 22: 35–65.
- Fink, Günther, and Felix Masiye. 2015. “Health and Agricultural Productivity: Evidence from Zambia.” *Journal of Health Economics* 42: 151–64. <https://www-sciencedirect-com.sicd.clermont-universite.fr/science/article/pii/S0167629615000521> (August 25, 2018).
- Foko, Borel, Beifith Kouak Tiya, and Guillaume Husson. 2012. UNESCO Pôle de Dakar *Les Dépenses Des Ménages En Éducation. Une Perspective Analytique et Comparative Pour 15 Pays d’Afrique*. Dakar: UNESCO. <https://doi.org/10.1787/f8d7880d-en>.
- Gertler, Paul J. et al. 2011. L’évaluation d’impact en pratique *L’évaluation d’impact En Pratique*.
- Gething, Peter W et al. 2011. *A New World Malaria Map: Plasmodium Falciparum Endemicity in 2010*. <http://www.malariajournal.com/content/10/1/378> (November 18, 2019).
- Gibson, Dustin G. et al. 2017. “Mobile Phone-Delivered Reminders and Incentives to Improve Childhood Immunisation Coverage and Timeliness in Kenya (M-SIMU): A Cluster Randomised Controlled Trial.” *The Lancet Global Health* 5(4): e428–38. [http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X\(17\)30072-4](http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30072-4).
- Godefroy, Raphael, and Joshua Lewis. 2018. “Does Male Education Affect Fertility? Evidence from Mali.” *Economics Letters* 172: 118–22.
- Goldzahl, Léontine, Guillaume Hollard, and Florence Jusot. 2018. “Increasing Breast-Cancer Screening Uptake: A Randomized Controlled Experiment.” *Journal of Health Economics* 58: 228–52.
- Gonçalves, Bronner P. et al. 2017. “Hemoglobin Variants Shape the Distribution of Malaria Parasites in Human Populations and Their Transmission Potential.” *Scientific Reports* 7(1).
- Grantham-McGregor, Sally, Yin Bun Cheung, Santiago Cueto, Paul Glewwe, Linda Richter, Barbara Strupp, et al. 2007. “Developmental Potential in the First 5 Years for Children in Developing Countries.” *Lancet (London, England)* 369(9555): 60–70. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17208643> (December 24, 2017).
- . 2007. “Developmental Potential in the First 5 Years for Children in Developing Countries.” *The Lancet* 369(9555): 60–70. <https://doi.org/10.1016%2Fs0140-6736%2807%2960032-4>.
- Grossman, Michael. 2000. “Chapter 7 The Human Capital Model.” In *Handbook of Health*

- Economics*, Elsevier, 347–408.
- Guerra, Carlos et al. 2007. “Assembling a Global Database of Malaria Parasite Prevalence for the Malaria Atlas Project.” *Malar J* 6(June 2009): 17.
- Guiguemde, T. R. et al. 1994. “Household Expenditure on Malaria Prevention and Treatment for Families in the Town of Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.” *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*.
- Gumus, Sedat. 2014. “The Effects of Community Factors on School Participation in Turkey: A Multilevel Analysis.” *International Review of Education* 60(1): 79–98. <https://link-springer-com.ezproxy.uca.fr/content/pdf/10.1007%2Fs11159-014-9411-7.pdf> (April 4, 2019).
- Hall, Andrew et al. 2002. “A Randomised Trial in Mali of the Effectiveness of Weekly Iron Supplements given by Teachers on the Haemoglobin Concentrations of Schoolchildren.” *Public Health Nutrition* 5(3): 413–18. <https://doi.org/10.1079%2Fphn2001327>.
- Handa, Sudhanshu. 2000. “The Impact of Education, Income, and Mortality on Fertility in Jamaica.” *World Development* 28(1): 173–86. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X9900114X> (May 19, 2017).
- Hayes, Richard J, and Lawrence H Moulton. 2009. *Cluster Randomised Trials*. Chapman and Hall/{CRC}. <https://doi.org/10.1201%2F9781584888178>.
- Henry, Martine Audibert;Jean-François Brun;Jacky Mathonnat;Marie-Claire. 2009. “Effets économiques du paludisme sur les cultures de rente : l’exemple du café et du cacao en Côte d’Ivoire.” *Revue d’économie du développement* Vol. 17(1): 145–66.
- Hilton, Ronald W. 1981. “The Determinants of Information Value: Synthesizing Some General Results.” *Management Science* 27(1): 57–64. <https://doi.org/10.1287%2Fmns.27.1.57>.
- Hong, Chul Sok. 2011. “Economic History Association Malaria and Economic Productivity: A Longitudinal Analysis of The.” *Source: The Journal of Economic History* 71(3): 654–71. <https://www-jstor-org.ezproxy.uca.fr/stable/pdf/23018334.pdf?refreqid=search%3Af066d6b22ef1ed00f24550a3cc23508f> (April 1, 2019).
- INS. 2014. *Annuaire Statistique Du Mali*. http://www.instat-mali.org/contenu/pub/anuair14_pub.pdf.
- INSD, PNLP, ICF International. 2014. *Enquête Sur Les Indicateurs Du Paludisme Du Burkina Faso*. <http://www.fews.net/west-africa/burkina-faso>.
- INSD. 2017. *Annuaire Statistique Burkina Faso*. http://www.insd.bf/n/contenu/pub_periodiques/annuaire_stat/Annuaire_stat_nationaux_BF/Annuaire_stat_2016.pdf.
- Israelsson, Elisabeth et al. 2008. “Differences in Fcγ Receptor IIa Genotypes and IgG Subclass Pattern of Anti-Malarial Antibodies between Sympatric Ethnic Groups in Mali.” *Malaria journal* 7: 175.
- .2009. “Marked Differences in CRP Genotype Frequencies between the Fulani and Sympatric Ethnic Groups in Africa.” *Malaria journal* 8: 136.
- James, Jonathan G, and Phillip Lawler. 2011. “Optimal Policy Intervention and the Social Value of Public Information.” *American Economic Review* 101(4): 1561–74. <https://doi.org/10.1257%2Fae.101.4.1561>.
- Jeon, Sung-Hee, and R. Vincent Pohl. 2017. “Health and Work in the Family: Evidence from Spouses’ Cancer Diagnoses.” *Journal of Health Economics* 52: 1–18. <https://www-sciencedirect-com.sicd.clermont-universite.fr/science/article/pii/S0167629616305720> (August 25, 2018).

- Kalemli-ozcan, Sebnem, Harl E Ryder, and David N Weil. 2000. "Mortality Decline , Human Capital Investment , and Economic Growth." 62: 1–23.
- Karoly, Lynn A, and M. Rebecca Kilburn, and Jill S Cannon. 2005. "Early Childhood Interventions: Proven Results, Future Promise." <https://doi.org/10.1037%2Fe475852006-001>.
- Katusele, Michelle et al. 2014. "Long-Lasting Insecticidal Nets Remain Efficacious after Five Years of Use in Papua New Guinea." *Papua and New Guinea medical journal* 57(1–4): 86–93. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26930892> (September 26, 2018).
- Kayentao, Kassoum et al. 2007. "Assessing Malaria Burden during Pregnancy in Mali." *Acta tropica* 102(2): 106–12. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0001706X0700099X> (June 22, 2018).
- . 2018. "Impact Evaluation of Malaria Control Interventions on Morbidity and All-Cause Child Mortality in Mali, 2000-2012." *Malaria Journal*.
- Ke Xu, David B. Evans, Kei Kawabata, Riadh Zeramdini, Jan Klavus, and Christopher J.L. Murray. 2003. "Understanding Household Catastrophic Health Expenditures: A Multi-Country Analysis." In , 111–17.
- Keats, Anthony. 2018. "Women's Schooling, Fertility, and Child Health Outcomes: Evidence from Uganda's Free Primary Education Program." *Journal of Development Economics* 135: 142–59.
- Kenayathulla, Husaina Banu. 2013. "Household Expenditures on Private Tutoring: Emerging Evidence from Malaysia." *Asia Pacific Education Review* 14(4): 629–44. <http://link.springer.com/10.1007/s12564-013-9289-2> (April 4, 2019).
- Kikumbih, Nassor et al. 2005. "The Economics of Social Marketing: The Case of Mosquito Nets in Tanzania." *Social Science and Medicine* 60(2): 369–81.
- Klinkenberg, Eveline et al. 2005. "Malaria and Irrigated Crops, Accra, Ghana." *Emerging Infectious Diseases* 11(8): 1290–93.
2008. "Impact of Urban Agriculture on Malaria Vectors in Accra, Ghana." *Malaria Journal* 7.
- Koné, Diakalia et al. 2015. *An Epidemiological Profile of Malaria in Mali*. http://www.inform-malaria.org/wp-content/uploads/2015/03/Mali-Malaria-Epi-Profile-Report_030315.pdf (November 15, 2019).
- Konradsen, F. et al. 1997. "Household Responses to Malaria and Their Costs: A Study from Rural Sri Lanka." *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*.
- Koudou, Benjamin G., David Malone, and Janet Hemingway. 2014. "The Use of Motion Detectors to Estimate Net Usage by Householders, in Relation to Mosquito Density in Central Cote d'Ivoire: Preliminary Results." *Parasites and Vectors* 7(1): 2–7.
- Kremer, M, and E Miguel. 2007. "The Illusion of Sustainability." *The Quarterly Journal of Economics* 122(3): 1007–65. <https://doi.org/10.1162%2Fqjec.122.3.1007>.
- Kreznoski, Paul J. et al. 2016. "Maternal Attitudes about Objectively Monitored Bednet Use in Rural Uganda." *Malaria Research and Treatment* 2016.
- Kreznoski, Paul J., Jeffrey I. Campbell, Data Santorino, and David R. Bangsberg. 2017. "Objective Monitoring of Insecticide-Treated Bednet Use to Improve Malaria Prevention: SmartNet Development and Validation." *PLoS ONE* 12(2).
- Kristjansson, Betsy et al. 2007. "School Feeding for Improving the Physical and Psychosocial Health of Disadvantaged Students." *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002%2F14651858.cd004676.pub2>.
- Kwalar-toh, Innocenia Ginyu, Niba Clinton, Mary Bi, and Suh Atanga. 2018. "Factors in

- Association with Use or Non Use of ITNs In Rural Cameroon : Case of Upper Muea.” (December 2017).
- De La Croix, David Doepke, Mathias. 2003. “Inequality and Growth : Why Differential Fertility Matters.” *The American Economic Review* 93(3): 1091–1113.
- Lake, Anthony. 2011. “Early Childhood Development {global Action Is Overdue.” *The Lancet* 378(9799): 1277–78. <https://doi.org/10.1016%2Fs0140-6736%2811%2961450-5>.
- Laxminarayan, Ramanan. 2004. “Does Reducing Malaria Improve Household Living Standards ?” 9(2): 267–72.
- Lee, Valerie E., and Tia Linda Zuze. 2011. “School Resources and Academic Performance in Sub-Saharan Africa.” *Comparative Education Review* 55(3): 369–97. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/660157> (April 3, 2019).
- Lei, Lin et al. 2010. “Developmental Trajectories of Reading Development and Impairment from Ages 3 to 8 Years in Chinese Children.” *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 52(2): 212–20. <https://doi.org/10.1111%2Fj.1469-7610.2010.02311.x>.
- Lin, Lv Han Tao. 2017. “The Effects of Family Income on Children’s Education: An Empirical Analysis of CHNS Data.” 02002: 49–54.
- Lokki, A Inkeri et al. 2011. “Lactase Persistence Genotypes and Malaria Susceptibility in Fulani of Mali.” *Malaria journal* 10(1): 9.
- López, Carolina et al. 2010. “Mechanisms of Genetically-Based Resistance to Malaria.” *Gene* 467(1–2): 1–12.
- Lucas, Adrienne M. 2013. “The Impact of Malaria Eradication on Fertility.” 61(3): 607–31.
- Malaney, Pia, Andrew Sielman, and Jeffrey Sachs. 2004. “The Malaria Gap.” *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 71(Suppl 2): 141–46.
- Mankiw, N. G., D. Romer, and D. N. Weil. 1992. “A Contribution to the Empirics of Economic Growth.” *The Quarterly Journal of Economics* 107(2): 407–37. <https://academic.oup.com/qje/article-lookup/doi/10.2307/2118477> (December 1, 2019).
- Manoj Mohanan, Manoj Mohanan. 2013. “CAUSAL EFFECTS OF HEALTH SHOCKS ON CONSUMPTION AND DEBT: QUASIEXPERIMENTAL EVIDENCE FROM BUS ACCIDENT INJURIES.” *The Review of Economics and Statistics* 95(2): 673–81. https://www-jstor-org.ezproxy.uca.fr/stable/pdf/43554411.pdf?ab_segments=0%252Fbasic_SYC-4693%252Ftest&refreqid=excelsior%3Ab22248a106c8eeead3cffb38f07be955 (October 16, 2019).
- Manski, Charles F. 1993. “Identification of Endogenous Social Effects: The Reflection Problem.” *The Review of Economic Studies* 60(3): 531.
- Masih, Abul M M. 1995. 19 *Journal of Policy Modeling Can Family-Planning Programs “Cause” a Significant Fertility Decline in Countries Characterized by Very Low Levels of Socioeconomic Development? New Evidence From Bangladesh Based on Dynamic Multivariate and Cointegrated Time-Series Techniques, 1965-1991.*
- Maskin, Eric, Célestin Monga, Josselin Thuilliez, and Jean-Claude Berthélemy. 2018. “Money and Mosquitoes: The Economics of Malaria in an Age of Declining Aid.” *Nature Communications*: 1–5. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-09991-4>.
2019. “The Economics of Malaria Control in an Age of Declining Aid.” *Nature Communications* 10(1). <https://doi.org/10.1038%2Fs41467-019-09991-4>.
- Mattah, Precious A.Dzorgbe et al. 2017. “Diversity in Breeding Sites and Distribution of

- Anopheles Mosquitoes in Selected Urban Areas of Southern Ghana.” *Parasites and Vectors* 10(1).
- McCall, Matthew B B et al. 2010. “Early Interferon-Gamma Response against Plasmodium Falciparum Correlates with Interethnic Differences in Susceptibility to Parasitemia between Sympatric Fulani and Dogon in Mali.” *The Journal of infectious diseases* 201(1): 142–52. <https://academic.oup.com/jid/article-lookup/doi/10.1086/648596> (April 23, 2017).
- McCarthy, F. Desmond, Holger C. Wolf, and Yi Wu. 2000. “Malaria and Growth.” https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=629153 (April 4, 2019).
- McClelland, Megan M et al. 2007. “Links between Behavioral Regulation and Preschoolers’ Literacy, Vocabulary, and Math Skills.” *Developmental Psychology* 43(4): 947–59. <https://doi.org/10.1037%2F0012-1649.43.4.947>.
- McCord, Gordon C., Dalton Conley, and Jeffrey D. Sachs. 2017. “Malaria Ecology, Child Mortality & Fertility.” *Economics and Human Biology* 24: 1–17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ehb.2016.10.011>.
- McCrary, Justin, and Heather Royer. 2011. “The Effect of Female Education on Fertility and Infant Health: Evidence from School Entry Policies Using Exact Date of Birth.” *American Economic Review* 101(1): 158–95.
- Mincer, Jacob. 1965. “Education, Experience, and the Distribution of Earnings and Employment: An Overview.” In *Education, Income, and Human Behavior*, , 71–94. <http://www.nber.org/books/just75-1> (December 1, 2019).
1984. “Human Capital and Economic Growth.” *Economics of Education Review* 3(3): 195–205.
- Modiano, D. et al. 1995. “Plasmodium Falciparum Malaria in Sympatric Ethnic Groups of Burkina Faso, West Africa.” *Parassitologia* 37(2–3): 255–59.
- Modiano, D et al. 1995. “Plasmodium Falciparum Malaria in Sympatric Ethnic Groups of Burkina Faso, West Africa.” *Parassitologia* 37(2–3): 255–59.
1996. “Different Response to Plasmodium Falciparum Malaria in West African Sympatric Ethnic Groups.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 93(23): 13206–11.
1999. “Different Response to Plasmodium Falciparum in West African Sympatric Ethnic Groups: Possible Implications for Malaria Control Strategies.” *Parassitologia* 41(1–3): 193–97.
- Modiano, David et al. 2001. “The Lower Susceptibility to Plasmodium Falciparum Malaria of Fulani of Burkina Faso (West Africa) Is Associated with Low Frequencies of Classic Malaria-Resistance Genes.” *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 95: 149–52.
- Morel, Chantal M et al. 2008. “Malaria Journal The Economic Burden of Malaria on the Household in South-Central Vietnam.” <http://www.malariajournal.com/content/7/1/166> (April 5, 2019).
- Morris, Stephen, and Hyun Song Shin. 2002. “Social Value of Public Information.” *American Economic Review* 92(5): 1521–34. <https://doi.org/10.1257%2F000282802762024610>.
- MSF. 2013a. *CHIMIO-PREVENTION DU PALUDISME SAISONNIER (CPS)*. https://www.msf.fr/sites/www.msf.fr/files/201307_cps-mali-fr.pdf (March 29, 2018).
- 2013b. *Note de Synthèse Du Projet CHIMIO-PREVENTION DU PALUDISME SAISONNIER (CPS) Mali, District de Koutiala, Région Sikasso*. https://www.msf.fr/sites/default/files/201307_cps-mali-fr.pdf (April 5, 2019).
- Murdock, Mitchel R., and Priyali Rajagopal. 2017. “The Sting of Social: How Emphasizing

- Social Consequences in Warning Messages Influences Perceptions of Risk.” *Journal of Marketing* 81(2): 83–98.
- Nair, L S, and A S Nair. 1993. “Effects of Malaria Infection on Pregnancy.” *Indian journal of malariology* 30(4): 207–14. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8034109> (April 27, 2017).
- Nankabirwa, Joaniter et al. 2013. “Asymptomatic Plasmodium Infection and Cognition among Primary Schoolchildren in a High Malaria Transmission Setting in Uganda.” *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 88(6): 1102–8.
- Nasr, Amre et al. 2008. “Interethnic Differences in Carriage of Haemoglobin AS and Fcgamma Receptor IIa (CD32) Genotypes in Children Living in Eastern Sudan.” *Acta tropica* 105(2): 191–95.
- Negoescu, Diana M., Kostas Bimpikis, Margaret L. Brandeau, and Dan A. Iancu. 2018. “Dynamic Learning of Patient Response Types: An Application to Treating Chronic Diseases.” *Management Science* 64(8): 3469–88.
- OCDE. 2019. *Education at a Glance 2019: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris., <https://doi.org/10.1787/f8d7880d-en>.
- Odhiambo, M T O, O Skovmand, J M Vulule, and E D Kokwaro. 2013. “Evaluation of Polyethylene-Based Long Lasting Treated Bed Net Netprotect on Anopheles Mosquitoes, Malaria Incidence, and Net Longevity in Western Kenya.” *Journal of tropical medicine* 2013: 563957. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24194770> (September 26, 2018).
- Okafor, Ifeyinwa, Henshaw Okoroiwu, and Chukwudi Ekechi. 2019. “Hemoglobin S and Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase Deficiency Coinheritance in AS and SS Individuals in Malaria-Endemic Region: A Study in Calabar, Nigeria.” *Journal of Global Infectious Diseases* 11(3): 118–22.
- Okun, Barbara S. 1996. “Sex Preferences, Family Planning, and Fertility: An Israeli Subpopulation in Transition.” *Journal of Marriage and Family* 58(2): 469–75.
- OMD. 2015. *Évaluation Des Progrès Réalisés En Afrique Pour Atteindre Les Objectifs Du Millénaire Pour Le Développement*.
- Onwujekwe, O, R Chima, and P Okonkwo. 2000. “Economic Burden of Malaria Illness on Households versus That of All Other Illness Episodes: A Study in Five Malaria Holo-Endemic Nigerian Communities.” *Health policy*.
- Ouédraogo, André Lin et al. 2007. “Age-Dependent Distribution of Plasmodium Falciparum Gametocytes Quantified by PFS25 Real-Time QT-NASBA in a Cross-Sectional Study in Burkina Faso.” *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 76(4): 626–30.
- Oyserman, Daphna, Daniel Brickman, and Marjorie Rhodes. 2007. *School Success, Possible Selves, and Parent School Involvement**.
- Paletta, Angelo. 2012. “Public Governance and School Performance.” *Public Management Review* 14(8): 1125–51. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14719037.2012.657838> (April 3, 2019).
- Patil, Anand P, Peter W Gething, Frédéric B Piel, and Simon I Hay. 2011. “Bayesian Geostatistics in Health Cartography: The Perspective of Malaria.” *Trends in parasitology* 27(6): 246–53. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21420361> (April 29, 2017).
- Pechmann, Cornelia, Guangzhi Zhao, Marvin E. Goldberg, and Ellen Thomas Reibling. 2003. “What to Convey in Antismoking Advertisements for Adolescents: The Use of Protection Motivation Theory to Identify Effective Message Themes.” *Journal of Marketing* 67(2): 1–18.

- PNLP, INS, Info-Stat, INRSP, ICF International. 2015. *Enquête Sur Les Indicateurs Du Paludisme Mali*. <https://www.dhsprogram.com/pubs/pdf/MIS24/MIS24.pdf>.
- PNLP, INSAT, INFO-STAT, INRSP, ICF. 2019. *Mali Enquête Démographique et de Santé*.
- PNUD. 2018. “Indices et Indicateurs de Développement Humain 2018. Mise à Jour Statistique.” : 1–23. http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018_human_development_statistical_update_fr.pdf.
- Prozesky, Detlef. 2014. “Giving a Health Talk.” 27(88): 76.
- Raifman, Julia R.G., Heather E. Lanthorn, Slawa Rokicki, and Günther Fink. 2014. “The Impact of Text Message Reminders on Adherence to Antimalarial Treatment in Northern Ghana: A Randomized Trial.” *PLoS ONE* 9(10).
- Razza, Rachel A, Anne Martin, and Jeanne Brooks-Gunn. 2010. “Associations among Family Environment, Sustained Attention, and School Readiness for Low-Income Children.” *Developmental Psychology* 46(6): 1528–42. <https://doi.org/10.1037%2Fa0020389>.
2012. “The Implications of Early Attentional Regulation for School Success among Low-Income Children.” *Journal of Applied Developmental Psychology* 33(6): 311–19. <https://doi.org/10.1016%2Fj.appdev.2012.07.005>.
- Reynolds, Arthur J., Judy A. Temple, Dylan L. Robertson, and Emily A. Mann. 2001. “Long-Term Effects of an Early Childhood Intervention on Educational Achievement and Juvenile Arrest.” *Journal of the American Medical Association* 285(18): 2339–46.
- Ruel, Marie T, and Harold Alderman. 2013. “Nutrition-Sensitive Interventions and Programmes: How Can They Help to Accelerate Progress in Improving Maternal and Child Nutrition?” *The Lancet* 382(9891): 536–51. <https://doi.org/10.1016%2Fs0140-6736%2813%2960843-0>.
- Sachs, Jeffrey, and Pia Malaney. 2002. “The Economic and Social Burden of Malaria.” *Nature* 415: 680–85.
- Saillénfait, Anne Marie, Dieynaba Ndiaye, and Jean Philippe Sabaté. 2015. “Pyrethroids: Exposure and Health Effects - An Update.” *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 218(3): 281–92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.01.002>.
- Saleeza, S N R, Y Norma-Rashid, and M Sofian Azirun. 2011. “Mosquitoes Larval Breeding Habitat in Urban and Suburban Areas , Peninsular Malaysia.” *World Academy of Science, Engineering and Technology* 58(10): 569–73.
- Schluter, Christian, and Jackline Wahba. 2010. “Are Parents Altruistic? Evidence from Mexico.” *J Popul Econ* 23: 1153–74. <https://link-springer-com.ezproxy.uca.fr/content/pdf/10.1007%2Fs00148-008-0207-6.pdf> (April 4, 2019).
- Sebastian Martinez, Sophie Naudeau, Vitor Pereira. 2012. “The Promise of Preschool in Africa: A Randomized Impact Evaluation of Early Childhood Development in Rural Mozambique.” http://www.savethechildren.org/atf/cf/%7B9def2ebe-10ae-432c-9bd0-df91d2eba74a%7D/MARTINEZ_NAUDEAU_PEREIRA.MOZ_ECD_REPORT-FEB_7_2012.PDF (December 24, 2017).
- Seshadri, Subadra, and Tara Gopaldas. 1989. “Impact of Iron Supplementation on Cognitive Functions in Preschool and School-Aged Children: The Indian Experience.” *The American Journal of Clinical Nutrition* 50(3): 675–86. <https://doi.org/10.1093%2Fajcn%2F50.3.675>.
- Singh, Pal Mrigendra, Brata Kalyan Saha, Kumar Sunil Chand, and Lora L Sabin. 2019. “Acta Tropica The Economic Cost of Malaria at the Household Level in High and Low Transmission Areas of Central India.” *Acta Tropica* 190(December 2018): 344–49. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.12.003>.
- Soemantri, A G, E Pollitt, and I Kim. 1985. “Iron Deficiency Anemia and Educational

- Achievement.” *The American Journal of Clinical Nutrition* 42(6): 1221–28. <https://doi.org/10.1093%2Fajcn%2F42.6.1221>.
- Song, Yang, and Guangsu Zhou. 2019. “Inequality of Opportunity and Household Education Expenditures: Evidence from Panel Data in China.” *China Economic Review* 55: 85–98. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043951X19300288>.
- Spera, Christopher. 2005. “A Review of the Relationship Among Parenting Practices, Parenting Styles, and Adolescent School Achievement.” *Educational Psychology Review* 17(2): 125–46. <http://link.springer.com/10.1007/s10648-005-3950-1> (April 3, 2019).
- Stoltzfus, Rebecca J et al. 2001. “Effects of Iron Supplementation and Anthelmintic Treatment on Motor and Language Development of Preschool Children in Zanzibar: Double Blind, Placebo Controlled Study.” *BMJ* 323(7326): 1389. <https://www.bmj.com/content/323/7326/1389>.
- Stresman, Gillian H. 2010. “Beyond Temperature and Precipitation: Ecological Risk Factors That Modify Malaria Transmission.” *Acta Tropica* 116(3): 167–72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2010.08.005>.
- Tabetando, Rayner. 2018. “Parental Risk Aversion and Educational Investment: Panel Evidence from Rural Uganda.” *Review of Economics of the Household*: 1–24. <http://link.springer.com/10.1007/s11150-018-9437-x> (April 4, 2019).
- Taremwa, Ivan M. et al. 2017. “Knowledge, Attitude and Behaviour towards the Use of Insecticide Treated Mosquito Nets among Pregnant Women and Children in Rural Southwestern Uganda.” *BMC Public Health* 17(1): 4–11.
- Thuilliez, J., H. D’Albis, H. Niangaly, and O. Doumbo. 2017. “Malaria and Education: Evidence from Mali.” *Journal of African Economies* 26(4).
- Thuilliez, Josselin et al. 2010. “Malaria and Primary Education in Mali: A Longitudinal Study in the Village of Donéguébougou.” *Social Science & Medicine* 71(2): 324–34. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0277953610001905> (June 22, 2018).
2020. “The Global Fund in the Era of SDGs: Time to Rethink?” *The Lancet Public Health* 5(1): e17. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S246826671930249X> (January 15, 2020).
- Torcia, Maria G et al. 2008. “Functional Deficit of T Regulatory Cells in Fulani, an Ethnic Group with Low Susceptibility to Plasmodium Falciparum Malaria.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105(2): 646–51. <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0709969105> (April 23, 2017).
- Travassos, Mark A. et al. 2015. “Hemoglobin C Trait Provides Protection from Clinical Falciparum Malaria in Malian Children.” *Journal of Infectious Diseases* 212(10): 1778–86.
- UNESCO. 2012. “Fiche EPT Mali.” http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Dakar/pdf/EFA_Country_Profile_-_Mali.pdf.
- United Nations. 2000. “The Millennium Development Goals.” www.un.org.
2015. “The Sustainable Development Goals.” *General Assembly 70 session 16301(October)*: 135.
- Vaessen, Aniek et al. 2010. “Cognitive Development of Fluent Word Reading Does Not Qualitatively Differ between Transparent and Opaque Orthographies.” *Journal of Educational Psychology* 102(4): 827–42. <https://doi.org/10.1037%2Fa0019465>.
- Vafa, Manijeh et al. 2007a. “Associations between the IL-4 -590 T Allele and Plasmodium Falciparum Infection Prevalence in Asymptomatic Fulani of Mali.” *Microbes and infection*

- 9(9): 1043–48. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17662633> (April 23, 2017).
- 2007b. “Associations between the IL-4 -590 T Allele and Plasmodium Falciparum Infection Prevalence in Asymptomatic Fulani of Mali.” *Microbes and infection / Institut Pasteur* 9(9): 1043–48.
2009. “Relationship between Immunoglobulin Isotype Response to Plasmodium Falciparum Blood Stage Antigens and Parasitological Indexes as Well as Splenomegaly in Sympatric Ethnic Groups Living in Mali.” *Acta tropica* 109(1): 12–16.
- Walker, Susan P. et al. 2011. “Inequality in Early Childhood: Risk and Protective Factors for Early Child Development.” *The Lancet* 378(9799): 1325–38.
- Walter, Freith, and Francis Wrester. 2009. “Early Childhood Development :” *the Journal of Childhood Development : The key to a full productive life.* 23(232): 23.
- Wanless, Shannon B et al. 2011. “Measuring Behavioral Regulation in Four Societies.” *Psychological Assessment* 23(2): 364–78. <https://doi.org/10.1037%2Fa0021768>.
- Weiss, Heather B et al. 2009. *The Federal Role in Out-of-School Learning Harvard Family Research Project The Federal Role in Out-of-School Learning: After-School, Summer Learning, and Family Involvement as Critical Learning Supports Introduction and Overview.*
- White, Nicholas J. 2018. “Anaemia and Malaria.” *Malaria Journal* 17(1): 371. <https://doi.org/10.1186/s12936-018-2509-9>.
- WHO. 2012. “Seasonal Malaria Chemoprevention (SMC) for Plasmodium Falciparum Malaria Control in Highly Seasonal Transmission Areas of the Sahel Sub-Region in Africa.” : 1–4.
2017. WHO *WHO | World Malaria Report 2017.* World Health Organization. <http://www.who.int/malaria/publications/world-malaria-report-2017/en/> (August 31, 2018).
- Wilson, Anne L, and IPTc Taskforce. 2011. “A Systematic Review and Meta-Analysis of the Efficacy and Safety of Intermittent Preventive Treatment of Malaria in Children (IPTc).” ed. David Diemert. *PloS one* 6(2): e16976. <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0016976> (June 22, 2018).
- Winch, Peter J et al. 2008. “Differential Community Response to Introduction of Zinc for Childhood Diarrhea and Combination Therapy for Malaria in Southern Mali.” *The Journal of Nutrition* 138(3): 642–45. <https://doi.org/10.1093%2Fjn%2F138.3.642>.
- Wisdom, Jessica, Julie S. Downs, and George Loewenstein. 2010. “Promoting Healthy Choices: Information versus Convenience.” *American Economic Journal: Applied Economics* 2(2): 164–78.
- Worrall, Eve, Suprotik Basu, and Kara Hanson. 2005. “Is Malaria a Disease of Poverty? A Review of the Literature.” *Tropical medicine & international health : TM & IH* 10(10): 1047–59.
- Yamada, T. 1985. “Causal Relationships between Infant Mortality and Fertility in Developed and Less Developed Countries.” *South. Econ. J.* 52(2): 364–71.
- Ziegler, Johannes C et al. 2010. “Orthographic Depth and Its Impact on Universal Predictors of Reading.” *Psychological Science* 21(4): 551–59. <https://doi.org/10.1177%2F0956797610363406>.
- Zillmer, Rüdiger. 2013. “Measurement of Toothbrushing Behaviour in a Natural Environment.” *Personal and Ubiquitous Computing* 17(1): 29–33.
- Zillmer, Rüdiger, Richard Wright, Susan Bates, and Ian Mahers. 2014. “A Robust Device for Large-Scale Monitoring of Bar Soap Usage in Free-Living Conditions.” *Personal and Ubiquitous Computing* 18(8): 2057–64.