

# PALUDISME ET ANEMIE DES ENFANTS EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE : EFFET DE LA DISTRIBUTION DE MOUSTIQUAIRES

Bénédicte H. Apouey<sup>\*</sup>, Gabriel Picone<sup>\*\*</sup>, Joshua Wilde<sup>\*\*\*</sup>,  
Joseph Coleman<sup>†</sup>, Robyn Kibler<sup>‡</sup>

Janvier 2016

*Cet article évalue l'effet de différentes politiques de lutte contre le paludisme, et en particulier de la politique dite de « mise à l'échelle » de la distribution de moustiquaires, sur la probabilité d'anémie des enfants en Afrique subsaharienne. Les données combinent des informations individuelles sur plus de 150000 enfants et leur famille, et des informations régionales sur l'intensité du paludisme avant le lancement des campagnes, pour 16 pays, entre 2000 et 2014. La méthode utilisée est celle des différences-en-différences, qui teste si les politiques ont entraîné une baisse plus forte de l'anémie dans les régions où l'intensité du paludisme était plus élevée. Les résultats indiquent que la mise à l'échelle a un effet faible ou négligeable sur la probabilité d'anémie modérée ou sévère, tandis que les autres politiques n'ont pas d'effet significatif.*

## MALARIA AND ANEMIA AMONG CHILDREN IN SUB-SAHARAN AFRICA: THE EFFECT OF MOSQUITO NET DISTRIBUTION

*This article explores the impact of antimalarial campaigns, and in particular of the scale up in the distribution of mosquito nets, on anemia for children under 5 in sub-Saharan Africa. It uses individual-level data on more than 150,000 children and their families, combined with regional-level data on malaria intensity before the antimalarial campaigns, for 16 countries between 2000 and 2014. Using a differences-in-differences estimation strategy, the paper tests whether the impact of the campaigns on anemia is larger in regions where the intensity of malaria was greater prior to the campaigns. The results indicate that the scale up has a negligible or small effect on moderate or severe anemia, whereas the other campaigns do not have any significant impact.*

*Classification JEL : I12, I15, I18, O55.*

Les auteurs remercient l'éditeur T. Kamionka, deux référés anonymes, M. Audibert, P. Dupas, F. Etilé, M. Guillon, R. Guissou, M. Kuecken, J. Thuilliez, et les participants des Journées de Microéconomie Appliquée de 2014 à Clermont-Ferrand, pour des discussions et des commentaires intéressants. Les auteurs remercient également S. Gelsheimer et A. Yashkin pour leur aide dans la préparation des données. Les auteurs ont bénéficié du soutien financier du contrat de recherche numéro R03TW009108 du Fogarty International Center (Etats-Unis). Le contenu de cet article est de la responsabilité des auteurs seulement et ne reflète pas nécessairement le point de vue du Fogarty International Center ou des National Institutes of Health.

<sup>\*</sup> Auteur correspondant. Paris School of Economics-CNRS, 48 Boulevard Jourdan, 75014 Paris, France. E-mail : benedicte.apouey@psemail.eu.

\*\* University of South Florida, Department of Economics, 4202 East Fowler Avenue, Tampa, FL 33620, USA. E-mail : gpicone@usf.edu.

\*\*\* University of South Florida, Department of Economics, 4202 East Fowler Avenue, Tampa, FL 33620, USA. E-mail : jkwilde@usf.edu.

† University of South Florida, Department of Economics, 4202 East Fowler Avenue, Tampa, FL 33620, USA. E-mail : jscoleman@mail.usf.edu.

‡ University of South Florida, Department of Economics, 4202 East Fowler Avenue, Tampa, FL 33620, USA. E-mail : rmkibler@mail.usf.edu.

## INTRODUCTION

Avec 1,62 milliards d'individus affectés dans le monde, selon la base de données de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) de 1993-2005, l'anémie est un problème majeur de santé publique<sup>1</sup>. Cette maladie correspond à une concentration d'hémoglobine dans le sang inférieure à la normale, due à une carence en fer. Les régions du monde les plus touchées sont l'Asie du Sud-Est et l'Afrique. Les femmes enceintes et les enfants d'âge préscolaire sont les plus vulnérables. Ainsi, en 2011, respectivement 43% des enfants de moins de 5 ans dans le monde, et 67% des enfants de moins de 5 ans en Afrique subsaharienne, souffraient d'anémie (Stevens et al. [2013]). L'anémie entraîne un état de faiblesse générale et porte atteinte au développement moteur et mental chez les plus jeunes (Stoltzfus et al. [2001]). Ces conséquences néfastes sont en partie irréversibles et se traduisent par des absences en classe, des redoublements, et de moindres performances scolaires (Bobonis et al. [2006], Soemantri et al. [1985]).

La littérature médicale souligne que le paludisme, qui se transmet par des piqûres de moustiques infectés par un parasite, pourrait être l'une des causes de l'anémie. En effet, le paludisme entraîne une baisse de l'appétit et donc de la consommation de fer, une augmentation de la destruction de globules rouges (qui contiennent l'hémoglobine), et une baisse de la production de globules rouges (Sanou et Ngnie-Teta [2012]). De plus, ce sont dans les régions où le paludisme est endémique que la prévalence de l'anémie est la plus élevée. En particulier, en Afrique, entre 31% et 90% des enfants souffrent d'anémie dans les régions de paludisme endémique (Menendez et al. [2000]). Si la littérature médicale met ainsi en avant le lien entre paludisme et anémie, elle souligne cependant que la principale cause de l'anémie est à chercher du côté (de la teneur en fer) de l'alimentation, et non pas du paludisme. Cependant, seulement un très petit nombre d'études ont mesuré l'effet causal du paludisme sur la probabilité d'anémie (Muller et al. [2003])<sup>2</sup>.

Dans un contexte d'investissements internationaux massifs dans la lutte contre le paludisme depuis le tournant des années 2000, quantifier l'effet propre des politiques de lutte contre le paludisme sur la prévalence de l'anémie nous semble important. En effet, depuis la création du partenariat Roll Back Malaria en 1998, les programmes de lutte contre le paludisme se sont multipliés. Une recommandation de ces programmes est de dormir sous une moustiquaire traitée avec un insecticide. Ces programmes se sont traduits par une forte hausse de la part de ménages possédant au moins une moustiquaire imprégnée d'insecticide en Afrique subsaharienne, de 3% en 2000 à 56% en 2012 (OMS [2013]). Dans ce contexte, évaluer l'effet propre des politiques contre le paludisme sur la prévalence l'anémie permettrait de mieux apprécier l'ensemble des bénéfices de ces politiques.

Dans cet article, nous analysons l'impact de différentes politiques de lutte contre le paludisme (distribution de moustiquaires, campagnes d'Aspersion Intra-Domiciliaire, ou adoption du traitement par la Combinaison Thérapeutique à base d'Artésimine) sur la probabilité d'anémie pour la population des jeunes enfants, en portant un intérêt particulier à la politique dite de « mise à

---

<sup>1</sup> Voir [http://www.who.int/vmnis/database/anaemia/anaemia\\_status\\_summary/fr/](http://www.who.int/vmnis/database/anaemia/anaemia_status_summary/fr/).

<sup>2</sup> Muller et al. [2003] mènent une étude sur un petit échantillon de 709 enfants des zones rurales du Burkina Faso.

l'échelle », qui représente une intensification soudaine de la distribution de moustiquaires. Indirectement, notre article éclaire l'effet de l'exposition au paludisme sur la probabilité d'anémie.

Cette recherche s'inscrit dans une littérature économique plus vaste sur les conséquences de l'exposition au paludisme dans l'enfance. Dans l'intégralité des articles présentés plus bas, les auteurs étudient l'impact de politiques de lutte contre le paludisme et interprètent leurs résultats indifféremment en termes d'effet de « l'exposition au paludisme » ou de « l'exposition aux politiques de lutte contre le paludisme ». Ainsi, Barreca [2010] montre à partir de données historiques américaines qu'être né dans un Etat où le risque de paludisme était fort est associé à un nombre d'années passées dans le système scolaire plus faible et à un revenu à l'âge adulte plus bas. Bleakley [2010] met en lumière une association positive entre éradication du paludisme et revenu sur le continent américain (Etats-Unis, Brésil, Colombie, et Mexique). Cutler et al. [2010] soulignent que l'élimination du paludisme en Inde ne s'est pas accompagnée d'une augmentation de la probabilité de terminer l'école primaire. Cependant, elle a engendré une légère hausse des dépenses de consommation chez les hommes, mesurées lorsqu'ils sont adultes (entre 20 et 60 ans). Lucas [2010] souligne que les effets de l'exposition au paludisme pendant l'enfance sur le nombre d'années passées à l'école et les capacités de lecture (mesurés à l'âge adulte) sont significatifs, à partir de données sur le Sri Lanka et le Paraguay. Venkataramani [2012] met en exergue un effet positif des campagnes d'éradication du paludisme dans l'enfance sur les capacités cognitives, le nombre d'années passées à l'école, et la consommation à l'âge adulte au Mexique. Enfin, Hong [2013] montre que l'exposition au paludisme dans l'enfance a un impact sur les maladies chroniques et le statut d'emploi chez les seniors, à partir de données historiques et récentes sur les Etats-Unis.

Plusieurs mécanismes pourraient expliquer que l'exposition au paludisme ait un effet de long terme sur le capital humain (niveau d'éducation, santé) et le niveau de richesse à l'âge adulte, et l'anémie est l'un d'entre eux. Ainsi, notre article, qui analyse le lien entre la mise à l'échelle (et les autres politiques de lutte contre le paludisme) et l'anémie, complète la littérature existante en se penchant sur l'un des canaux par lesquels le paludisme pourrait avoir des effets de long terme sur le capital humain.

Nous nous concentrons sur la population des enfants âgés de 6 mois à 5 ans, qui sont particulièrement vulnérables au paludisme et à l'anémie, dans 16 pays d'Afrique subsaharienne, entre 2000 et 2014. Nous nous penchons à la fois sur l'anémie au moins modérée (modérée ou sévère) et sur l'anémie sévère. Dans notre article, l'information sur le degré d'anémie provient d'un test d'hémoglobine : une anémie modérée correspond à un niveau d'hémoglobine compris entre 7,0 et 9,9 g/dl, tandis qu'une anémie sévère va de pair avec un niveau strictement inférieur à 7,0 g/dl. Nous mobilisons des données sur les enfants et leur famille du programme des « Enquêtes Démographiques et de Santé », que nous combinons à des données institutionnelles sur les dates de mise en œuvre de différentes interventions de lutte contre le paludisme, à des données régionales sur l'intensité du paludisme avant le début des interventions, et à des informations relatives aux saisons et au climat.

La majorité des interventions de lutte contre le paludisme que nous étudions (dont la mise à l'échelle) sont mises en œuvre au niveau national, et la date à laquelle elles débutent représente un choc exogène. Pour étudier l'effet de ces interventions sur la probabilité d'anémie, nous avons

recours à la technique des différences-en-différences. Notre stratégie d'identification est très proche de celle employée par Lucas [2010] et Venkataramini [2012] entre autres. D'une part, nous tirons parti des différences dans l'intensité du paludisme entre régions avant le lancement des politiques. D'autre part, nous exploitons le fait que certains enfants sont exposés aux politiques alors que d'autres enfants ne le sont pas, ces différences entre enfants étant fonction des dates de naissance des enfants, des dates d'enquêtes, et des dates de lancement des politiques. Si la lutte contre le paludisme a permis une réduction de l'anémie, on s'attend à ce que les régions dans lesquelles l'intensité du paludisme était plus forte avant le lancement des politiques tirent un plus grand bénéfice des interventions en termes de réduction de la prévalence de l'anémie.

Nous utilisons deux approches pour quantifier l'effet des politiques de lutte contre le paludisme, et chacune d'elle s'appuie sur ce modèle de différences-en-différences. Dans une première approche, nous adoptons une perspective assez générale et utilisons notre échantillon complet. Le modèle nous permet alors de mesurer l'effet d'un ensemble de politiques de lutte contre le paludisme (et en particulier de la mise à l'échelle) sur la probabilité d'anémie, selon l'intensité de l'infection. Ici, nous quantifions un effet moyen des politiques et de la mise à l'échelle, et les pays qui n'ont pas encore mis en œuvre les politiques en question servent de groupe de contrôle.

Dans une seconde approche, nous employons un sous-échantillon de nos données (« échantillon restreint ») dans lequel ne figurent que les pays dans lesquels une enquête a été réalisée peu de temps avant le lancement de la mise à l'échelle et une enquête peu de temps après. Le modèle permet alors de quantifier l'effet de la mise à l'échelle sur la probabilité d'anémie ; les autres politiques de lutte contre le paludisme ne sont pas analysées. Cette approche est utilisée pour tous les pays de l'échantillon restreint pris ensemble, mais aussi pour chaque pays pris séparément. Pour finir, l'article propose également, pour l'échantillon restreint, une étude de l'hétérogénéité de l'effet de la mise à l'échelle sur la santé, en distinguant les enfants selon leur milieu socioéconomique. A notre connaissance, notre article constitue le premier travail de recherche sur l'effet causal des politiques sur la probabilité d'anémie des enfants réalisé à partir de riches données portant sur un grand nombre de pays.

Dans la première approche, nos résultats soulignent que la mise à l'échelle joue un rôle faible voire négligeable sur la prévalence de l'anémie modérée ou sévère et qu'elle n'a pas d'impact sur la probabilité d'anémie sévère, tandis que les autres politiques n'ont généralement pas d'effet significatif.

Les résultats de la seconde approche soulignent que pour l'ensemble des pays de l'échantillon restreint, la mise à l'échelle n'influence pas la probabilité d'anémie. Cependant, cette approche montre un effet significatif au Malawi et au Sénégal : pour le Malawi (respectivement Sénégal), dans une région où l'intensité du paludisme est supérieure d'un écart-type à l'intensité moyenne, la mise à l'échelle réduit la probabilité d'anémie modérée ou sévère de 5,69 (resp. 4,03) points de pourcentage de plus que dans une région où l'intensité prend une valeur moyenne (contrefactuel). Enfin, l'exposition à la mise à l'échelle possède un effet hétérogène sur la santé selon le milieu social dans certains pays.

Dans la suite de l'article, nous commençons par présenter le contexte de notre étude, en donnant des détails sur le paludisme et sa prévention, les politiques de lutte contre le paludisme, et

l'anémie. La présentation des données se trouve dans la section 3. Nous décrivons ensuite notre méthode d'estimation dans la section 4. Les résultats sont présentés dans la section 5. Enfin, nous terminons par quelques remarques conclusives.

## CONTEXTE

### Le paludisme et sa prévention

Le paludisme est une maladie infectieuse transmise par des piqûres de certains moustiques infectés par un parasite. Ces moustiques appartiennent au genre *Anopheles*. Quatre espèces de parasites du genre *Plasmodium* peuvent transmettre le paludisme<sup>3</sup>. Parmi elles, c'est l'espèce *Plasmodium falciparum* qui est la plus courante en Afrique et qui est responsable des cas mortels (RBM [2012]).

La forme simple du paludisme provoque généralement de la fièvre, avec ou sans maux de tête, des accès fébriles, de la fatigue, des douleurs musculaires, des douleurs abdominales, des nausées, et des vomissements. La gravité de la maladie dépend du statut immunitaire de l'individu infecté. En effet, au cours de leur vie, les individus développent une immunité partielle contre la maladie. Les enfants de moins de 5 ans sont particulièrement vulnérables, parce qu'ils n'ont pas encore développé d'immunité. L'accès palustre sévère concerne des individus dont le statut immunitaire est vulnérable, qui ont d'abord été atteints par une forme simple du paludisme, mais qui n'ont pas reçu de traitement adéquat<sup>4</sup>.

Il existe plusieurs moyens de prévention du paludisme. En premier lieu, dormir sous une moustiquaire permet d'éviter les piqûres des vecteurs. Ces moustiquaires sont aujourd'hui imprégnées d'insecticide. L'utilisation de moustiquaires permet de réduire la population de vecteurs du paludisme puisque les moustiques périssent lorsqu'ils entrent en contact avec l'insecticide. Lengeler [2004] estime que l'utilisation de moustiquaires traitées pourrait réduire les cas de paludisme simples de 50% par rapport à la non-utilisation de moustiquaires, et permettrait également une baisse de la survenue de paludisme sévère, dans les zones de paludisme stable d'Afrique subsaharienne<sup>5</sup>. Un autre moyen de prévenir l'infection est l'Aspersion Intra-Domiciliaire (AID), qui consiste à pulvériser un insecticide sur les murs des lieux d'habitation. Les moustiques périssent lorsqu'ils se reposent sur les murs, ce qui réduit mécaniquement la probabilité d'infection.

---

<sup>3</sup> Voir <http://www.pasteur.fr/fr/institut-pasteur/presse/fiches-info/paludisme>

<sup>4</sup> La forme sévère dû au *P. falciparum* peut se traduire par une ou plusieurs des manifestations cliniques suivantes : (1) troubles de la conscience ; (2) prostration ; (3) convulsions répétées ; (4) respiration profonde et détresse respiratoire ; (5) œdème pulmonaire aigu et syndrome de détresse respiratoire aigu ; (6) collapsus circulatoire ou choc, tension artérielle systolique < 80 mm Hg chez l'adulte et < 50 mm Hg chez l'enfant ; (7) lésion rénale aiguë ; (8) ictère clinique avec mise en évidence d'autres dysfonctionnements d'organes vitaux ; et (9) anomalies hémorragiques. Voir le lien suivant : [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/87012/1/9789242548525\\_fre.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/87012/1/9789242548525_fre.pdf?ua=1)

Enfin, pour les femmes enceintes, suivre un Traitement Préventif Intermittent pendant la grossesse permet de prévenir l'infection palustre.

Traditionnellement, on soignait le paludisme grâce à des molécules comme la chloroquine, le proguanil, et la méfloquine. Ces dernières années, le parasite est devenu résistant à ces molécules, et l'OMS recommande désormais l'utilisation des Combinaisons Thérapeutiques à base d'Artésimine (CTA). Il s'agit d'une bithérapie qui contient de l'artésimine et une autre molécule antipaludique. Le développement des CTA s'est accompagné de la mise en place de Tests de Diagnostics Rapides qui permettent de détecter les individus infectés. Utiliser ces tests permet de limiter la prise d'antipaludiques lorsqu'elle n'est pas nécessaire, et par là-même le développement de la résistance aux traitements médicamenteux.

## Politiques de lutte contre le paludisme en Afrique subsaharienne

Dans ce qui suit, nous employons indifféremment les mots de « politiques », « interventions », et « campagnes » de lutte contre le paludisme.

Après une période de baisse du paludisme dans le monde entre la fin des années 1950 et les années 1970, le nombre de cas de paludisme a de nouveau augmenté à partir des années 1970. Cela a mis en lumière la nécessité de relancer l'action contre le paludisme et a abouti à la création du partenariat Roll Back Malaria (RBM) en 1998, dont l'objectif est de coordonner la lutte contre le paludisme au niveau international. L'année 2002 marque la création du Fonds Mondial contre le sida, la tuberculose et le paludisme, qui est devenu le premier financeur de l'action contre le paludisme depuis, et représente plus de la moitié des fonds en ce qui concerne la lutte contre le paludisme dans le monde. Le Fonds Mondial garantit le financement des campagnes contre le paludisme, mais la mise en œuvre de ces campagnes relève des pays eux-mêmes, via les Programmes Nationaux de Lutte contre le Paludisme. D'autres organismes participent aujourd'hui à la lutte contre le paludisme : la Banque Mondiale à travers le « Booster Program for Malaria Control in Africa », la Fondation Bill et Melinda Gates, l'Initiative Présidentielle contre le Paludisme (IPP), et l'OMS.

L'objectif poursuivi par les politiques de lutte contre le paludisme est la couverture universelle pour toutes les populations à risque (par les moustiquaires, l'AID, les Traitements Préventifs Intermittents pendant la grossesse, la CTA, et les Tests de Diagnostic Rapide). Cet objectif a entre autres été mis en avant par le plan d'action mondial contre le paludisme de RBM, lors du sommet sur les objectifs du Millénaire pour le développement en 2008<sup>6</sup>.

Les politiques de lutte contre le paludisme pour les pays de notre échantillon sont présentées en détail dans l'annexe A. De façon synthétique, tous les pays développent des Programmes Nationaux de Lutte contre le Paludisme qui durent généralement de 4 à 5 ans<sup>7</sup>. Le Fond Mondial commence à intervenir pour lutter contre le paludisme dans les pays de notre échantillon vers 2003-

---

<sup>6</sup> Voir <http://www.rbm.who.int/rbmgmap.html>.

<sup>7</sup> Les dates des Programmes Nationaux de Lutte contre le Paludisme proviennent essentiellement des rapports des enquêtes EDS, qui sont accessibles à partir de la page suivante : <http://www.dhsprogram.com/Publications/Publications-by-Country.cfm>.

2006. Etant donné l'importance des sommes allouées par le Fonds Mondial, cette intervention marque un tournant dans la lutte contre le paludisme pour les pays.

L'utilisation de moustiquaires était très rare en Afrique subsaharienne avant les années 2000. Dans les premiers temps des plans de lutte contre le paludisme, au début des années 2000, la distribution de moustiquaires s'opérait à un rythme généralement lent.

C'est seulement vers 2005-2006 que l'on commence à observer une augmentation de la possession et de l'utilisation de moustiquaires, pour la plupart des pays. A ce moment-là, les distributions de moustiquaires sont organisées via les centres de santé : en particulier, lorsqu'une femme enceinte s'y rend pour une visite anténatale, elle reçoit une moustiquaire gratuite ; de même, lorsqu'un individu accompagne son enfant pour une vaccination, il repart avec une moustiquaire, dans le cadre du Programme Elargi de Vaccination. Dans les profils des pays<sup>8</sup> et les rapports de l'IPP<sup>9</sup> se trouvent les dates auxquelles les moustiquaires deviennent gratuites dans les centres de santé. Pour les pays de notre échantillon, les moustiquaires sont distribuées gratuitement dans les centres de santé à partir de 2004-2008. Cependant au Sénégal cette politique débute plus tôt, en 1998.

L'étape suivante dans la distribution de moustiquaires est marquée par la gratuité des moustiquaires pour tout le monde. Le site de l'OMS donne les dates de la mise en place de cette politique<sup>10</sup>. Pour les pays qui nous intéressent, les dates de mise en œuvre sont très variables, avec des pays qui commencent dès 1998 (Sénégal) et d'autres récemment.

Finalement, l'étape la plus récente dans la distribution de moustiquaires est ce que le partenariat RBM et les autres organismes appellent la « mise à l'échelle » (« scale up for impact », SUFI, en anglais), qui consiste en une intensification de la distribution de moustiquaires, sur une courte durée, avec l'objectif de se rapprocher ou d'atteindre la couverture universelle. Dans la plupart des pays, la couverture universelle est définie comme le fait qu'un ménage possède au moins une moustiquaire pour deux membres du ménage. Afin de déterminer la date de la « mise à l'échelle » pour chaque pays, nous avons recoupé les informations de plusieurs sources (voir les sources par pays dans le tableau A.1 de l'annexe A). Cela nous a permis de déterminer la date à laquelle un pays a pris pour objectif la couverture universelle, et celle à laquelle il s'est procuré des moustiquaires et les a distribuées. Nos données nous indiquent aussi si un pays a atteint la couverture universelle, et si c'est le cas, la date à laquelle cela s'est produit. Dans notre approche, un pays qui s'est procuré les moustiquaires mais ne les a pas encore distribuées n'a pas encore réalisé sa mise à l'échelle. Au contraire, un pays qui a effectivement distribué les moustiquaires a réalisé sa mise à l'échelle. En outre, pour certains pays comme l'Angola ou le Malawi, nous avons des données très précises sur le nombre de moustiquaires distribuées chaque année, par tous les donateurs à la fois. En faisant comme l'IPP l'hypothèse qu'une moustiquaire a une durée de vie de 3 ans, et en utilisant des données sur la population chaque année, nous pouvons suivre l'évolution

---

<sup>8</sup> Voir par exemple le profil de l'Angola sur [http://www.pmi.gov/docs/default-source/default-document-library/country-profiles/angola\\_profile.pdf?sfvrsn=22](http://www.pmi.gov/docs/default-source/default-document-library/country-profiles/angola_profile.pdf?sfvrsn=22).

<sup>9</sup> Voir <http://www.pmi.gov/where-we-work/>.

<sup>10</sup> Voir <http://www.who.int/malaria/publications/country-profiles/en/>.



du nombre de moustiquaires par personne dans le pays, et ainsi déterminer la date à laquelle la mise à l'échelle a été réalisée. Les dates de mise à l'échelle sont présentées dans le tableau A.2.

Une autre intervention permettant de lutter contre le paludisme est l'AID. L'AID a été employée dans des régions bien spécifiques à certaines dates. Pour déterminer ces dates, nous avons utilisé les rapports de l'IPP<sup>11</sup> avant l'aspersion (ces rapports indiquent les régions dans lesquelles on voudrait lancer une campagne d'AID), et après l'aspersion (ces rapports établissent la liste des régions dans lesquelles l'aspersion a réellement eu lieu, cette liste étant parfois plus courte que dans le rapport précédant l'aspersion). Généralement, nous observons que l'aspersion est mise en œuvre juste avant la saison des pluies. En outre, dans certaines régions, l'aspersion est réalisée deux fois dans l'année. L'avant-dernière colonne du tableau A.2 rapporte les éléments relatifs à l'AID. La liste de régions dans lesquelles il y a eu AID est presque exhaustive. En effet, les rapports de l'IPP indiquent les régions dans lesquelles l'AID a été mise en œuvre par l'IPP elle-même ou par des entreprises financées par l'IPP. L'immense majorité des campagnes d'AID sont réalisées par l'IPP<sup>12</sup>. Les autres campagnes sont marginales, portent sur des zones géographiques très ciblées, et sont financées par des compagnies minières en particulier (qui souhaitent assainir les zones dans lesquelles elles opèrent pour augmenter la productivité des employés).

Enfin, une autre stratégie importante de traitement du paludisme est l'adoption du médicament de bithérapie CTA comme traitement principal du paludisme. Cette adoption implique que les stocks de CTA soient suffisants dans le pays. En utilisant les rapports de l'IPP<sup>13</sup>, nous avons déterminé les dates de l'adoption (avec stocks suffisants) pour chacun des pays de notre échantillon. Elles sont rapportées dans la dernière colonne du tableau A.2 et elles indiquent que l'adoption du CTA a débuté à partir de 2003.

## Anémie

L'anémie correspond à une concentration d'hémoglobine (un élément des globules rouges dans le sang) jugée trop faible, étant donné l'âge, le sexe, l'origine ethnique, et l'état physiologique (mois de grossesse, statut de fumeur) de l'individu, ainsi que l'altitude de son lieu de résidence (Nestel et al. [2002]).

La principale cause de l'anémie est une carence des réserves en fer de l'organisme. Cette anémie dite ferriprive est due à un apport en fer par l'alimentation insuffisant, à une mauvaise absorption du fer par l'intestin, ou à des pertes de sang ou hémorragies.

Un certain nombre de facteurs favorisent l'anémie. Le paludisme en particulier pourrait jouer un rôle, parce qu'il engendre une baisse de l'appétit et donc de la consommation de fer, mais aussi une augmentation de la destruction de globules rouges, et une baisse de la production de globules rouges (Sanou et Ngnie-Teta [2012]). Les taux de prévalence de l'anémie les plus hauts sont observés dans les régions où le paludisme est endémique. En outre, dans les cas les plus graves causant une morbidité sévère ou un décès, le paludisme entraîne soit un neuropaludisme (atteinte du

---

<sup>11</sup> Voir <http://www.pmi.gov/where-we-work/>.

<sup>12</sup> Voir <http://www.fightingmalaria.org/issues.aspx?issue=14>

<sup>13</sup> Voir <http://www.pmi.gov/where-we-work/>.

cerveau par les parasites), soit une anémie sévère conduisant à une hypoxie et à une insuffisance cardiaque congestive (Menendez et al. [2000]).

Parmi les facteurs contribuant à l'anémie, on peut aussi citer des infections, comme l'ankylostomose, les helminthiases, la tuberculose, et le VIH / sida. De plus, les déficiences en vitamines B12 et B9 jouent aussi un rôle important dans l'anémie. Enfin, l'anémie peut être liée à une maladie génétique, la drépanocytose, ou anémie à cellules falciformes (OMS et Unicef [2005]).

Les effets de l'anémie sont multiples et néfastes. Cette maladie se traduit par un état de faiblesse, de léthargie, et de fatigue. Chez les adultes, l'anémie ferriprive est associée à une moindre capacité de travail et une productivité réduite. Horton et Ross [2003] estiment que les carences en fer génèrent une perte annuelle de productivité (physique) atteignant 0,57% du PIB, en utilisant des données sur dix pays en développement. En ce qui concerne les enfants, Brabin et al. [2001] montrent que l'anémie ferriprive augmente le risque de mortalité, dans une revue de littérature sur l'Afrique subsaharienne. De plus, Horton et Ross [2003] suggèrent que les carences en fer entraînent des pertes en termes de développement mental et moteur de l'ordre de 4,05% du PIB. Chang et al. [2013] montrent que l'anémie ferriprive nuit au développement mental, en utilisant des données sur les zones rurales chinoises, tandis que Chang et al. [2011] soulignent qu'elle a un impact négatif sur le développement social et affectif, également à partir de données chinoises.

Un dernier pan de littérature qui nous intéresse a trait aux effets des infections par des parasites et des vers sur l'éducation. En effet, le risque le plus caractéristique de ces infections est l'anémie. Une littérature récente met en exergue les effets de ces infections sur l'éducation. Ainsi, Bleakley [2007] montre que l'éradication des infections aux ankylostomes a entraîné une amélioration de la présence en classe et une baisse de l'illettrisme, dans le Sud des Etats-Unis au début du XXème siècle. De plus, Bobonis et al. [2006] montrent que la distribution de suppléments de fer et le déparasitage d'enfants de 2 à 6 ans permet d'améliorer leur présence en classe, en réduisant l'absentéisme de 20%, dans le cadre d'une expérience randomisée menée à New Delhi. Finalement, Miguel et Kremer [2004] soulignent qu'un programme de traitement contre les vers permet de réduire l'absentéisme par un quart dans des écoles du Kenya. Au final, ces articles laissent penser que les effets de l'anémie sur l'éducation sont potentiellement forts.

## DONNEES

Nos données proviennent de plusieurs sources, les principales étant les « Enquêtes Démographiques et de Santé » (EDS), l'IPP, l'OMS, le « Earth Institute », et le « Climatic Research Unit ». Dans ce qui suit, nous présentons toutes nos sources et les variables qui en sont issues.

### Données individuelles et ménages du programme EDS

Les données sur les enfants et leurs familles proviennent du programme EDS, pour un certain nombre de pays d'Afrique subsaharienne.

Au sein de ce programme, nous utilisons des enquêtes « AIDS Indicator Surveys » (AIS), des enquêtes EDS classiques, des enquêtes « EDS intérim » (EDS(I)), et des enquêtes « Malaria Indicator Surveys » (MIS). Les AIS ont pour objectif de permettre aux pays enquêtés de vérifier l'efficacité des politiques de lutte contre le VIH / sida. Les EDS classiques et EDS(I) ont pour but de fournir des données sur la démographie, la santé, et la nutrition des enquêtés. Les EDS classiques sont réalisées tous les 5 ans environ, et portent sur des échantillons très grands, tandis que les EDS(I) sont mises en œuvre entre deux vagues d'EDS classiques, et contiennent des informations qui ne sont pas présentes dans les EDS classiques, mais sont généralement réalisées sur des échantillons plus réduits que les EDS classiques. Les MIS contiennent davantage d'informations que les AIS, EDS, et EDS(I) sur la prévention du paludisme.

Toutes ces enquêtes sont représentatives des situations nationales. En outre, elles contiennent des questions comparables, ce qui rend possible l'agrégation de données de différents pays et années / vagues. Notre échantillon complet comprend toutes les enquêtes portant sur l'Afrique subsaharienne depuis 2000, à la condition qu'elles contiennent des informations sur l'anémie des enfants de moins de 5 ans et qu'il y ait au moins deux enquêtes par pays<sup>14</sup>. Cet échantillon porte sur 16 pays, le paludisme est endémique dans tous ces pays.

A partir de l'échantillon complet, nous avons créé un sous-échantillon, appelé « échantillon restreint », qui comprend les pays pour lesquels nous avons une enquête moins de cinq ans avant la mise à l'échelle et une enquête moins de cinq ans après la mise à l'échelle. Nous utilisons alors l'enquête réalisée avant la mise à l'échelle, et l'enquête réalisée après. Dans cet échantillon, nous n'utilisons pas les enquêtes réalisées l'année de la mise à l'échelle : en effet, comme l'on ne connaît pas le mois exact du début de la mise à l'échelle (on ne connaît que l'année), on ne peut pas savoir si, au moment de l'enquête, la mise à l'échelle a déjà débuté ou pas. Par exemple, pour le Sénégal, où la mise à l'échelle se déroule en 2009, nous faisons le choix de ne pas utiliser l'enquête de 2008-2009 dans notre échantillon restreint. Au final, l'échantillon restreint porte sur cinq pays d'Afrique subsaharienne : le Malawi, le Niger, la RDC, le Sénégal, et la Tanzanie. Le tableau 1 détaille les sources de données pour chaque pays.

---

<sup>14</sup> Nous n'utilisons pas les données de Madagascar parce que ce pays présente un certain nombre de spécificités en ce qui concerne la mise à l'échelle, entre autres.

Tableau 1. *Liste des enquêtes*

Pays	Date de la mise à l'échelle	Enquêtes de l'échantillon complet	Enquêtes de l'échantillon restreint	Nombre de régions
Angola	2012-13	MIS 2006-07 ; MIS 2011		18
Bénin	2010-11	EDS 2001 ; EDS 2006 ; EDS 2011-12		6
Burkina Faso	2009-10	EDS 2003 ; EDS 2010		13
Cameroun	2012	EDS 2004 ; EDS 2011		10
Ghana	2010-11	EDS 2003 ; EDS 2008		10
Guinée	2013-14	EDS 2005 ; EDS 2012		5
Libéria	2008-09	MIS 2008-09 ; MIS 2011		15
Malawi	2011	EDS 2004-05 ; EDS 2010 ; MIS 2012	EDS 2010 ; MIS 2012	26
Mali	2011-13	EDS 2001 ; EDS 2006 ; EDS 2012-13		9
Niger	2009	EDS 2006 ; EDS 2012	EDS 2006 ; EDS 2012	8
Ouganda	2011-12	EDS 2000-01 ; EDS 2006 ; MIS 2009-10 ; EDS 2011		4
RDC	2012	EDS 2007 ; EDS 2013-14	EDS 2007 ; EDS 2013-14	9
Rwanda	2010	EDS 2005 ; EDS(I) 2007-08 ; EDS 2010		10
Sénégal	2009	EDS 2005 ; MIS 2008-09 ; EDS 2010-11 ; EDS(I) 2012-13	EDS 2005 ; EDS 2010-11	11
Tanzanie	2009-10	EDS 2004-05 ; AIS 2007-08 ; EDS 2009-10 ; AIS 2011-2012	AIS 2007-08 ; AIS 2011-2012	26
Zimbabwe	2015	EDS 2005-06 ; EDS 2010-11		10
Observations		167 140	50 575	
AIS signifie « AIDS Indicator Survey » ; EDS, « Enquête Démographique et de Santé », EDS(I), « Enquête Démographique et de Santé Intérim » ; et MIS, « Malaria and Indicator Survey ».				

Dans chaque enquête, une variable indique la région de résidence du ménage. Il arrive parfois que les frontières des régions changent au fil du temps. Dans ce cas, nous avons utilisé les cartes des pays présentées dans les rapports publiés suite aux enquêtes, pour agréger plusieurs régions et créer de nouvelles régions (plus vastes), dont les frontières restent stables au cours du temps.

Dans nos modèles, la variable dépendante est le statut d'anémie des enfants âgés de 6 mois à 5 ans, issu des EDS. L'information sur le degré d'anémie de l'enfant provient des résultats d'un test d'hémoglobine, qui se déroule de la façon suivante. L'enquêteur lit à la personne responsable de l'enfant (sa mère) un document, qui explique l'objectif du test, l'informe que les résultats lui seront communiqués immédiatement après le test, et sollicite sa permission pour le test. Si la personne responsable donne son accord, une goutte de sang est prélevée sur le doigt de l'enfant, récupérée dans une micro-cuvette, et introduite dans le photomètre HemoCue qui indique le niveau d'hémoglobine. Dans les données, le statut de l'enfant est codé en quatre catégories : pas d'anémie, anémie légère (qui correspond à un niveau d'hémoglobine de 10,0-10,9 g/dl), modérée (7,0-9,9 g/dl), ou sévère (<7,0 g/dl). L'enquêteur indique à la personne responsable le degré d'anémie de l'enfant, et lorsque l'enfant présente un niveau d'anémie sévère, l'enquêteur fournit une fiche de référence pour rechercher des soins dans un service de santé. Dans notre article, nous utilisons deux variables dichotomiques : la première indique si l'enfant souffre d'anémie au moins modérée (modérée ou sévère), et la seconde, s'il souffre d'anémie sévère.

Nos modèles incluent toujours les variables de contrôle sociodémographiques suivantes, qui proviennent aussi des EDS : le sexe de l'enfant, le niveau d'éducation de la mère (variable dichotomique indiquant si la mère a un niveau d'éducation supérieur ou égal à l'école primaire), le niveau de richesse du ménage (quatre variables dichotomiques indiquant si le ménage a accès à une source d'eau potable améliorée, s'il a accès à des installations sanitaires améliorées, s'il possède une radio, et s'il possède un réfrigérateur), la taille du ménage, et la zone de résidence du ménage (variable dichotomique indiquant si le ménage vit dans un milieu urbain). Les définitions des sources d'eau potable et installations sanitaires améliorées proviennent de l'OMS et de l'UNICEF<sup>15</sup>. Sont considérées comme améliorées les sources d'eau suivantes : une arrivée d'eau potable dans le lieu de résidence, un réservoir public au sol, un puits, une source ou un puits protégé, ou des eaux pluviales. Les installations sanitaires allant des fosses simples mais protégées aux toilettes à chasse d'eau raccordées à un égout sont considérées comme améliorées.

## Données régionales et nationales sur les interventions contre le paludisme

Nous considérons les interventions de lutte contre le paludisme suivantes : la mise à l'échelle dans la distribution de moustiquaires, la gratuité des moustiquaires dans les centres de santé, la gratuité des moustiquaires pour tout le monde, l'intervention du Fonds Mondial, l'adoption de la CTA, et l'AID. Les dates de mise en œuvre de ces politiques sont présentées dans le tableau A.2. Ces dates sont essentiellement issues des sources suivantes : les rapports du programme EDS, le site de l'OMS, et les rapports de l'IPP. Comme le fait apparaître le tableau, toutes les interventions sauf l'AID sont des interventions au niveau national, qui touchent donc en même temps toutes les régions d'un même pays. L'AID est une intervention menée au niveau régional.

Pour toutes les politiques à l'exception de l'AID, nous combinons les données sur les dates d'interventions avec les observations d'enfants des données EDS, à l'aide des identifiants pays. Parce que l'AID est une politique définie au niveau régional, nous combinons les données AID et les données individuelles à l'aide des identifiants région. La politique d'AID est un peu différente

---

<sup>15</sup> Voir <http://www.wssinfo.org/definitions-methods/watsan-ladder/>.

des autres politiques, dans la mesure où elle peut être lancée puis arrêtée (cela est dû à des contraintes budgétaires, cela ne se produit que cependant). Nous n'avons pas d'informations précises sur ces rares arrêts. Nous faisons l'hypothèse qu'une fois qu'une région lance une intervention d'AID, elle continue de la mettre en œuvre.

Nos variables d'intérêt sont des variables dichotomiques qui indiquent si l'enfant a été exposé à ces politiques. Par exemple, la variable dichotomique d'exposition à la mise à l'échelle vaut 0 si l'enquête a lieu avant la mise à l'échelle dans le pays (alors l'enfant enquêté n'a pas été exposé à cette politique), et 1 si elle a lieu après (l'enfant a été exposé).

Dans l'échantillon complet, lorsque les enquêtes sont menées au moins une année avant ou après le début d'une intervention, la variable dichotomique d'exposition est facile à créer. En revanche, dans ce même échantillon complet, il arrive que des enquêtes soient menées la même année que le lancement d'une politique. Dans ce cas, nous faisons l'hypothèse que les politiques sont lancées au milieu de l'année, en juillet. Sachant que le véritable mois de lancement des politiques est inconnu, les variables dichotomiques d'exposition aux politiques sont mesurées avec erreur dans ce cas, cette limite tient à nos données.

Dans l'échantillon restreint, comme les enquêtes ont lieu au moins un an avant ou après le lancement d'une politique, la variable dichotomique d'exposition est facile à construire, et il est peu probable qu'elle souffre d'erreur de mesure.

Pour montrer la robustesse de nos résultats, nous utilisons une autre mesure d'exposition, à savoir la durée d'exposition de l'enfant à une politique (dans notre modèle estimé sur l'échantillon complet uniquement). Nous expliquons ci-après le calcul de la durée d'exposition en prenant l'exemple de la mise à l'échelle. La durée d'exposition d'un enfant à la mise à l'échelle est égale à la part de sa vie que l'enfant a vécu après le début de la mise à l'échelle, c'est-à-dire au nombre de mois que l'enfant a vécu après le début de cette politique, divisé par son âge en mois. Par exemple, si l'on considère un enfant âgé de 36 mois au moment de l'enquête, qui vit dans un pays dans lequel la mise à l'échelle a commencé lorsqu'il avait 12 mois, alors l'enfant a vécu  $[(36-12)/36=] 2/3$  de sa vie après le début de l'intervention, donc la variable de durée d'exposition à la mise à l'échelle vaut  $2/3$ . La variable vaut 0 pour les enfants qui n'ont pas été exposés à l'intervention, c'est-à-dire les enfants nés et interviewés avant le début de la politique. La variable vaut 1 pour les enfants qui ont toujours été exposés à l'intervention, c'est-à-dire les enfants nés après le lancement de la campagne. Les variables d'exposition aux autres politiques sont définies de façon semblable. Les durées d'exposition sont toujours relatives (à l'âge de l'enfant), et non pas absolues. Au sein d'un même pays, deux enfants qui figurent dans la même enquête mais qui n'ont pas le même âge au moment de l'enquête pourront avoir des durées d'exposition aux interventions différentes. Par exemple, ce sera le cas si l'intervention débute entre la naissance des deux enfants : la durée relative d'exposition de l'enfant né avant l'intervention sera plus faible que celle de l'enfant né après (pour lequel la durée d'exposition vaut 1).

## Données régionales sur l'intensité du paludisme du « Earth Institute »

Nous utilisons également les données de l'indice de Kiszewski, qui proviennent du répertoire du « Earth Institute » de l'Université Columbia (Etats-Unis) et sont accessibles sur <http://www.earth.columbia.edu><sup>16</sup>.

Cet indice mesure l'intensité de la transmission du paludisme dans le monde. Pour construire cet indice, Kiszewski et al. [2004] commencent par identifier les moustiques / vecteurs dominants du paludisme pour chaque mois et chaque région du monde. Pour l'ensemble du monde, ces auteurs trouvent 34 vecteurs dominants de types Anopheles. Ensuite, en utilisant des données sur la végétation, l'altitude, le niveau de précipitation et de température, les auteurs calculent la distribution des vecteurs pour chaque mois-région. Enfin, ils calculent l'indice d'intensité, qui est fonction des caractéristiques biologiques suivantes de ces vecteurs dominants : la proportion de piqûres infligées par les vecteurs aux êtres humains, le taux de survie journalier des vecteurs, et leur durée d'incubation. La durée d'incubation est elle-même une fonction de la température dans la région : quand la température baisse, la durée d'incubation s'allonge et il est moins probable qu'un vecteur infecté vive suffisamment longtemps pour infecter une personne. Ces températures sont des températures passées, mesurées entre 1901 et 1990, soit bien avant le début des campagnes de distributions de moustiquaires qui nous intéressent<sup>17</sup>. Ainsi, l'indice de Kiszewski mesure bien l'intensité du paludisme avant le début des campagnes qui nous intéressent. Cet indice ne varie pas au cours du temps<sup>18</sup>.

Les données du « Earth Institute » fournissent la valeur de l'indice sur une grille dont les cellules sont de dimension 0,5 degré. Les latitudes et longitudes de chaque cellule sont également fournies. Nous combinons l'indice aux données EDS en utilisant la latitude et la longitude de chaque région. Notre indice de Kiszewski est égal à la moyenne de l'indice de Kiszewski dans chaque région.

## Données nationales sur les saisons de Wikipedia

Nous employons des données sur les saisons provenant des pages Wikipedia consacrées à chacun des pays de notre échantillon<sup>19</sup>. Par exemple, pour l'Angola, la page est la suivante : <http://en.wikipedia.org/wiki/Angola>.

En utilisant les informations présentées dans la partie « climat », nous créons une variable dichotomique qui indique que l'enquête s'est déroulée pendant la saison des pluies. Les pays étudiés ont seulement deux types de saisons par an, la saison sèche et la saison des pluies. Certains

---

<sup>16</sup> Voir <http://www.earth.columbia.edu/people/gmccord/>.

<sup>17</sup> La formule de l'indice de Kiszewski est la suivante :  $\sum_{m=1}^{12} a_{i,m}^2 p_{i,m}^E / -\ln(p_{i,m})$  où  $i$  représente le vecteur dominant,  $m$  le mois,  $a$  le taux de piqûre,  $p$  le taux de survie journalier, et  $E$  la durée de la période d'incubation en jours.

<sup>18</sup> Il a déjà été utilisé dans d'autres travaux d'économie sur le paludisme (Bleakley [2010], Picone et al. [2013]).

<sup>19</sup> Pour le Niger, nous avons utilisé la source suivante, au lieu de Wikipedia : <http://www.netglobers.com/africa/niger-climate-in-niger.html>.

pays ont seulement une saison sèche et une saison des pluies par an (Angola, Burkina Faso, Cameroun, Ghana, Guinée, Liberia, Malawi, Niger, Sénégal, Zimbabwe par exemple), tandis que d'autre ont deux saisons des pluies et une / deux saison(s) sèche(s) par an (Bénin, Ouganda, Rwanda, Tanzanie). Nous tenons compte de ces spécificités dans notre codage de la variable de saison des pluies.

Nous créons aussi une variable qui sert de proxy pour la saison des récoltes. Comme les récoltes se déroulent juste après la saison des pluies, notre variable de saison des récoltes vaut 1 si l'enquête se déroule dans les deux mois suivant la saison des pluies (la plus longue), et 0 sinon.

## Données climatiques régionales du « Climatic Research Unit »

Enfin, nous utilisons également des données climatiques issues du « Climatic Research Unit » et disponibles sur [www.cru.uea.ac.uk](http://www.cru.uea.ac.uk). Ces données donnent le niveau de précipitations et de températures pour chaque région-mois-année, jusqu'à la fin de l'année 2009.<sup>20</sup>

Ces données ne permettent pas de connaître les conditions climatiques pour toutes les enquêtes qui se déroulent après 2009. Pour ces années récentes, nous utilisons le niveau moyen de précipitation et de température dans la région pour le mois en question entre 2000 et 2009. Par exemple, si une enquête se déroule dans une région en avril 2011, alors la variable de précipitations sera égale au niveau de précipitations moyen dans la région en avril entre 2000 et 2009<sup>21</sup>.

Dans nos modèles, nous incluons ces variables de précipitations et températures ainsi que leur carré, pour tenir compte d'éventuelles non-linéarités dans l'impact des conditions climatiques sur la probabilité d'anémie.

## Description de l'échantillon

Le tableau 2 contient les statistiques descriptives pour notre échantillon. Dans l'échantillon complet, 44,0% des enfants souffrent d'anémie modérée ou sévère, tandis que 4,7% des enfants souffrent d'anémie sévère. La moitié des enfants de notre échantillon sont des garçons. 54,6% des enfants ont une mère dont le niveau d'éducation est supérieur à l'école primaire. En ce qui concerne les indicateurs de richesse, 62,4% des ménages ont une source d'eau potable améliorée, 30,5% des installations sanitaires améliorées, 63,1% un poste de radio, et 5,8% un réfrigérateur. La taille moyenne des ménages est de 7,7 membres. Environ un quart des enfants vit dans un milieu urbain. Sans être similaires, les caractéristiques sociodémographiques de l'échantillon restreint sont assez proches de celles de l'échantillon complet, les différences pouvant s'expliquer par le fait que les enquêtes de l'échantillon restreint sont récentes.

---

<sup>20</sup> Des travaux mettent en évidence le rôle des conditions climatiques sur la santé. Voir par exemple Wilde et al. [2014b].

<sup>21</sup> Ainsi après 2009, les données climatiques sont mesurées avec erreur, elles reflètent imparfaitement les conditions climatiques réelles.



Tableau 2. *Statistiques descriptives*

Variables	Définitions	Echantillon complet. Moyennes (Ecart-types)	Echantillon restreint. Moyennes (Ecart-types)
<i><u>Variables dépendantes</u></i>			
Anémie modérée ou sévère	= 1 si l'enfant souffre d'anémie modérée ou sévère ; = 0 sinon	0,440 (0,496)	0,441 (0,496)
Anémie sévère	= 1 si l'enfant souffre d'anémie sévère ; = 0 sinon	0,0475 (0,213)	0,0384 (0,192)
<i><u>Variables explicatives</u></i>			
Kiszewski	Indice de Kiszewski	14,65 (10,01)	12,62 (7,28)
<i><u>Variables dichotomiques d'exposition</u></i>			
Mise à l'échelle	=1 si l'enquête a lieu après la mise à l'échelle dans le pays	0,277 (0,448)	0,565 (0,495)
Fonds Mondial	=1 si l'enquête a lieu après le début de l'intervention du Fonds Mondial dans le pays	0,898 (0,302)	-
Gratuité moustiquaires centres de santé	=1 si l'enquête a lieu après la mise en place de la gratuité des moustiquaires dans les centres de santé dans le pays	0,686 (0,464)	-
Gratuité moustiquaires pour tous	=1 si l'enquête a lieu après la mise en place de la gratuité des moustiquaires pour tout le monde dans le pays	0,589 (0,492)	-
AID	=1 si l'enquête a lieu après une campagne d'Aspersion Intra-Domiciliaire dans la région	0,138 (0,344)	-
CTA	=1 si l'enquête a lieu après l'adoption de la Combinaison Thérapeutique à base d'Artésimine dans le pays	0,729 (0,444)	-
<i><u>Variables de contrôle sociodémographiques</u></i>			
Garçon	= 1 si l'enfant est un garçon ; = 0 si c'est une fille	0,505 (0,500)	0,505 (0,500)
Education de la mère	= 1 si la mère a un niveau d'éducation supérieur ou égal à l'école primaire ; = 0 sinon	0,546 (0,499)	0,609 (0,488)
Source d'eau améliorée	= 1 si le ménage possède une source d'eau d'eau potable améliorée ; = 0 sinon	0,624 (0,484)	0,556 (0,497)
Sanitaires améliorés	= 1 si le ménage a accès à des installations sanitaires améliorées ; = 0 sinon	0,305 (0,461)	0,262 (0,440)
Radio	= 1 si le ménage possède une radio ; = 0 sinon	0,631 (0,482)	0,585 (0,493)
Réfrigérateur	= 1 si le ménage possède un réfrigérateur ; = 0 sinon	0,058 (0,234)	0,053 (0,224)
Taille du ménage	Nombre de membres du ménage	7,791 (4,851)	8,197 (5,152)
Zone urbaine	= 1 si le ménage vit dans une zone urbaine ; = 0 sinon	0,247 (0,431)	0,235 (0,424)

<i>Variables de contrôle relatives aux saisons et au climat</i>			
Saison des pluies	= 1 si l'enquête se déroule pendant la saison des pluies	0,590 (0,492)	0,498 (0,500)
Période des récoltes	= 1 si l'enquête se déroule pendant la période des récoltes	0,161 (0,367)	0,133 (0,339)
Précipitation	Niveau de précipitations moyen pour le mois d'intérêt, dans la région (en millimètres)	94,17 (85,32)	71,77 (76,74)
Température	Niveau de températures moyen pour le mois d'intérêt, dans la région (en degrés Celsius)	25,34 (3,353)	25,67 (4,043)
Nombre d'observations		151 096	40 605

De plus, nos données montrent que la prévalence de l'anémie a décliné au fil du temps dans la plupart des pays. Par exemple, en Angola, la prévalence de l'anémie modérée et sévère (resp. sévère) s'élevait à 26,5% (resp. 0,9%) en 2006-07, et la maladie a quasiment disparu en 2011. Au Bénin, la prévalence de l'anémie modérée ou sévère est passée de 57,8% en 2001, à 53,1% en 2006, puis à 32,6% en 2011-12. Pour l'anémie sévère, les chiffres sont de 8,2% en 2001, 7,4% en 2006, et 2,9% en 2011-12. Le reste de l'article examine si les campagnes contre le paludisme ont joué un rôle dans cette évolution.

## METHODE

Nous souhaitons d'une part éclairer l'effet de l'exposition au paludisme sur la probabilité d'anémie, et d'autre part évaluer l'impact des politiques de lutte contre le paludisme (et en particulier de la politique de mise à l'échelle) sur cette probabilité. Ces deux objectifs vont de pair. En effet, dans l'étude de l'effet de l'exposition au paludisme sur la probabilité d'anémie, la principale difficulté est que le niveau de paludisme d'une zone et la proportion d'enfants anémiques dans cette zone sont potentiellement corrélés avec des caractéristiques inobservées de la zone : ainsi, les zones qui souffrent le plus de paludisme sont potentiellement celles qui ont le revenu moyen le plus bas, et celles dans lesquelles l'anémie est la plus répandue. Pour surmonter cette difficulté liée à des variables omises, nous utilisons les politiques de lutte contre le paludisme comme chocs sur le niveau de paludisme. Nous faisons l'hypothèse que les dates de mise en œuvre des politiques sont exogènes. Cette hypothèse nous semble plausible dans la mesure où ces dates dépendent de la situation politique du pays et d'accords internationaux. Les politiques sont généralement définies au niveau national et non pas régional, si bien que notre identification n'est pas biaisée par le fait qu'au sein d'un pays la priorité dans la lutte contre le paludisme serait donnée à certaines régions plutôt qu'à d'autres. Au final, notre approche nous conduit à quantifier l'effet de l'exposition aux politiques de lutte contre le paludisme (et en particulier de la mise à l'échelle) sur la probabilité d'anémie. Indirectement, nos résultats nous renseignent sur l'impact de l'exposition au paludisme sur la prévalence de l'anémie.

Nous utilisons la méthode des différences-en-différences. D'une part, notre stratégie d'identification tire parti des différences dans l'intensité du paludisme (avant le début des campagnes) entre régions. D'autre part, elle utilise les différences d'exposition des enfants aux

interventions. Nous mesurons les changements dans la probabilité d'anémie entre enfants qui vivent dans des régions avec des niveaux différents d'intensité du paludisme, selon leur degré d'exposition aux campagnes dans leur pays, en contrôlant pour un ensemble de variables individuelles et régionales. Si les campagnes ont un impact sur l'anémie, on s'attend à ce que les régions où l'intensité du paludisme était modérée avant le début des interventions bénéficient peu des interventions en termes de réduction de la prévalence de l'anémie, tandis que celles où l'intensité du paludisme était forte tirent de grands bénéfices des campagnes en termes de baisse de la prévalence de l'anémie.

Nous commençons par utiliser l'échantillon complet, qui permet de suivre les pays sur de longues périodes, et nous estimons un modèle qui tient compte de toutes les politiques mises en œuvre sur la période. Il s'écrit :

$$A_{icrpt} = \alpha + \beta_{ME} IP_r \times ExpME_{pt} + \sum_{AU} \beta_{AU} IP_r \times ExpAU_{pt} + \rho_{ME} ExpME_{pt} + \sum_{AU} \rho_{AU} ExpAU_{pt} + X_{icrpt} \eta + \delta_{cp} + \delta_r + \delta_t + \varepsilon_{icrpt} \quad (1)$$

où  $i$  représente un enfant,  $c$  sa cohorte,  $r$  sa région de résidence,  $p$  son pays, et  $t$  l'année de l'enquête.  $A_{icrpt}$  désigne le statut d'anémie de l'enfant.  $IP_r$  reflète l'intensité du paludisme dans la région, c'est-à-dire de l'indice de Kiszewski. L'indice «  $ME$  » renvoie à la mise à l'échelle, et «  $AU$  » aux cinq autres politiques (gratuité des moustiquaires dans les centres de santé, gratuité des moustiquaires pour tous, intervention du Fonds Mondial, AID, ou CTA).  $ExpME_{it}$  mesure l'exposition à la mise à l'échelle, que nous définissons de deux manières : soit comme une variable dichotomique qui indique que l'enquête a lieu après la mise à l'échelle de la distribution de moustiquaires (donc que l'enfant a été exposé à la mise à l'échelle), soit une variable continue qui indique la durée relative d'exposition de l'enfant à la mise à l'échelle.  $IP_r \times ExpME_{pt}$  est le terme d'interaction entre l'indice de Kiszewski et l'exposition à la mise à l'échelle. De façon similaire,  $ExpAU_{pt}$  fait référence à l'exposition à une autre intervention, tandis que  $IP_r \times ExpAU_{pt}$  est le terme d'interaction entre l'indice de Kiszewski et l'exposition à cette autre intervention.  $\sum_{AU} \beta_{AU} IP_r \times ExpAU_{pt}$  est la somme des termes d'interactions associés aux autres politiques.  $X_{icrpt}$  représente les variables de contrôle. Finalement,  $\delta_{cp}$  désigne des effets fixes pour les cohortes-pays,  $\delta_r$  des effets fixes pour les régions, et  $\delta_t$  des effets fixes pour les années d'enquête.

Les effets fixes cohortes-pays  $\delta_{cp}$ , que nous définissons comme la combinaison « mois de naissance-année de naissance-pays », saisissent les caractéristiques inobservées propres à chaque cohorte dans chaque pays. Ils permettent de capter entre autres la situation alimentaire dans chaque pays au cours de l'enfance.

Chaque pays est composé de plusieurs régions, donc les effets fixes régions  $\delta_r$  sont plus précis que des effets fixes pays. Les effets fixes régions permettent de neutraliser des effets inobservés et fixes dans une région au cours du temps. Cette variable comprend entre autres le niveau de développement moyen de la région, les caractéristiques « historiques » de la région (l'influence des politiques de lutte contre le paludisme menées dans la région avant le début des enquêtes EDS, les raisons historiques pour lesquelles le niveau d'anémie est plus ou moins élevé dans la région), et la qualité des terres agricoles dans la région.

Pour mesurer l'intensité du paludisme, nous utilisons  $IP_r$ . L'effet principal de la variable  $IP_r$  ne figure pas dans le membre de droite de l'équation (1). En effet,  $IP_r$  est fixe pour chaque région, donc son impact est mesuré par les effets fixes régions  $\delta_r$ .

Le coefficient d'intérêt  $\beta_{ME}$  quantifie l'effet du terme d'interaction entre l'intensité du paludisme dans la région et l'exposition de l'enfant à l'intervention de mise à l'échelle ( $IP_r \times ExpME_{pt}$ ). Ce coefficient capte l'effet du traitement. Si  $\beta_{ME}$  est négatif et significatif, alors l'exposition à la mise à l'échelle entraîne une baisse de la probabilité d'anémie plus forte dans les régions davantage touchées par l'infection. Par conséquent, l'exposition à la mise à l'échelle diminue la probabilité d'anémie. En revanche, si  $\beta_{ME}$  est nul, alors la mise à l'échelle n'a pas d'effet sur la prévalence de l'anémie.  $\beta_{ME}$  capte la différence d'effet de la mise à l'échelle sur la probabilité d'anémie pour deux valeurs prises par l'intensité du paludisme. Pour se faire une idée de la taille des effets, on peut supposer que  $ExpME_{it}$  est la variable dichotomique d'exposition, et se placer dans le cas d'une région où l'indice de Kiszewski est égal à la moyenne plus un écart-type (un écart-type vaut 10,01, voir tableau 2), que l'on compare à une région-contrefactuel où l'intensité du paludisme est moyenne. On suppose que  $\beta_{ME}$  est négatif et on va donc utiliser sa valeur absolue. Dans une région où l'intensité du paludisme est supérieure d'un écart-type à l'intensité moyenne, la mise à l'échelle réduira la probabilité d'anémie modérée ou sévère de  $100 \times |\beta_{ME}| \times 10,01$  points de pourcentage de plus que dans une région où l'intensité prend une valeur moyenne (contrefactuel). De même, les coefficients  $\beta_{AU}$  permettent de savoir si les autres politiques considérées jouent un rôle contre la probabilité d'anémie. L'hypothèse centrale sur laquelle repose notre identification est qu'en l'absence de campagnes, l'évolution de la probabilité d'anémie (pour les cohortes-pays) est la même dans différentes régions.

Si l'on utilisait l'échantillon complet, qui couvre plus d'une décennie, pour évaluer l'effet de la mise à l'échelle mais que l'on ne tenait pas compte des autres politiques, alors les résultats seraient biaisés du fait de variables omises.

Il n'est pas possible d'estimer le modèle (1) pour un pays pris isolément, parce que cela nécessiterait d'avoir, pour le pays en question, une enquête avant la première politique mise en œuvre (qui est l'intervention du Fonds Mondial), une enquête entre chaque politique, et une enquête après la dernière politique mise en œuvre (qui est généralement la mise à l'échelle). Les données que nous possédons ne sont pas aussi riches, rendant l'analyse par pays impossible.

Pour certains pays de l'échantillon complet, nous n'avons pas d'enquête menée après la mise à l'échelle. C'est par exemple le cas du Zimbabwe : la dernière enquête a été menée en 2010-2011, mais la mise à l'échelle devrait avoir lieu en 2015. Ces pays sont cependant conservés dans notre échantillon complet, et ils font partie du groupe de contrôle dans l'estimation de l'effet de la mise à l'échelle. Etant donné que ces pays ont mis en œuvre la mise à l'échelle après l'enquête la plus récente ou vont la mettre en œuvre sous peu, on peut penser que ces pays ne sont pas fondamentalement différents des pays qui ont déjà mis en œuvre la mise à l'échelle. Les garder dans l'échantillon permet d'avoir une bonne puissance statistique et d'estimer plus précisément les coefficients des autres variables explicatives. De façon similaire, pour certains pays, nous n'avons pas d'enquêtes réalisées avant l'intervention du Fonds Mondial. Nous conservons ces pays dans notre échantillon pour les mêmes raisons.

L'estimation du modèle (1) fait l'hypothèse d'une absence d'hétérogénéité de l'effet des politiques et des variables de contrôle, entre pays. Cette hypothèse est relativement forte. Cependant, l'intérêt de cette approche (1) est de fournir une vue synthétique, générale, de l'effet moyen des politiques de lutte contre le paludisme sur l'anémie, sur un grand nombre de pays, et de permettre de comparer l'effet des différentes politiques entre elles.

Dans notre seconde approche, nous utilisons l'échantillon restreint et nous nous intéressons seulement à l'effet de la politique de mise à l'échelle dans la distribution de moustiquaires. Notre modèle est le suivant :

$$A_{icrpt} = \alpha + \beta_{ME} IP_r \times ExpME_{pt} + \rho_{ME} ExpME_{pt} + X_{icrpt} \eta + \delta_{cp} + \delta_r + \delta_t + \varepsilon_{icrpt} \quad (2)$$

Nous commençons par estimer le modèle (2) pour l'ensemble des pays de l'échantillon restreint. Cette approche conduit à quantifier un effet moyen de la mise à l'échelle et des autres interventions sur la probabilité d'anémie dans les pays considérés. Nous examinons ensuite le modèle pour chaque pays pris séparément, pour tenir compte de la possible hétérogénéité des effets de la mise à l'échelle entre pays. Finalement, nous estimons le modèle séparément pour des enfants de milieux sociaux distincts, afin de tester si la mise à l'échelle produit des effets hétérogènes selon le statut socioéconomique.

Les équations sont estimées à l'aide du modèle linéaire de probabilité. Les écarts-types sont « clusterisés » par région.

L'approche de différences-en-différences que nous employons a déjà été utilisée entre autres par Barreca [2010], Bleakley [2010], Cutler et al. [2010], Hong [2013], Kuecken et al. [2014], Lucas [2010], Venkataramani [2012], et Wilde et al. [2014a] pour quantifier l'effet des politiques de lutte contre le paludisme sur différentes variables expliquées. Ainsi, Lucas [2010] évalue l'effet des campagnes de lutte contre le paludisme sur le nombre d'années passées à l'école et les capacités de lecture, mesurés à l'âge adulte, au Paraguay et au Sri Lanka. L'intervention qui l'intéresse est une campagne d'AID. Dans sa spécification économétrique, la variable d'intérêt est le terme d'interaction entre l'intensité régionale du paludisme (avant le début de la campagne) et l'exposition de l'individu à la campagne. L'intensité du paludisme est mesurée par le taux de rupture spontanée de la rate (qui est une conséquence du paludisme). L'exposition à la campagne est entre autres mesurée par une variable dichotomique d'exposition ou par une variable continue comme la durée de l'exposition. Notre stratégie d'identification est ainsi très proche de ce qui a été fait dans la littérature.

## RESULTATS

### L'exposition à la mise à l'échelle et aux autres interventions dans le l'échantillon complet

Nous débutons par une estimation de l'effet de la mise à l'échelle et des autres politiques de lutte contre le paludisme dans l'échantillon complet. Les résultats sont présentés dans le tableau 3. Dans les colonnes (1), (3), et (5), la variable expliquée indique que l'enfant souffre d'anémie

modérée ou sévère, tandis que dans les colonnes (2), (4), et (6), elle indique qu'il est atteint d'anémie sévère. Le tableau ne présente que les termes d'interaction entre l'indice de Kiszewski et l'exposition aux politiques.

Le sous-tableau A présente les résultats lorsque l'exposition aux politiques est mesurée par les variables dichotomiques d'exposition. Dans les colonnes (1) et (2), on commence par estimer l'effet de l'interaction entre l'indice de Kiszewski et la mise à l'échelle dans l'échantillon complet, sans tenir compte des autres politiques. L'absence de corrélation entre le terme d'interaction et la probabilité d'anémie signifie que la mise à l'échelle n'a pas d'effet sur la probabilité d'anémie dans ces spécifications.

Dans les colonnes (3) et (4), trois politiques sont considérées : la mise à l'échelle, la gratuité des moustiquaires dans les centres de santé, et la gratuité des moustiquaires pour tous. Les résultats soulignent alors un effet faible de la mise à l'échelle sur l'anémie modérée ou sévère. Si dans une région l'indice de Kiszewski est supérieur d'un écart-type à la moyenne (un écart type valant 10,01), la mise à l'échelle réduira la probabilité d'anémie modérée ou sévère de 2,80 [=  $100 \times 0,0028 \times 10,01$ ] points de pourcentage de plus que si cet indice prenait une valeur moyenne (contrefactuel). Etant donné que la prévalence de l'anémie modérée ou sévère s'élève à 44% dans l'échantillon, cet effet est faible. En revanche, on n'observe pas d'effet de la mise à l'échelle sur l'anémie sévère. Les coefficients des termes d'interaction des variables de gratuité de moustiquaires ne sont significatifs ni dans la colonne (3) ni dans la colonne (4), ce qui implique que les autres politiques n'ont pas d'impact sur la prévalence de l'anémie.

Les estimations des colonnes (5) et (6) tiennent compte des six politiques de lutte contre le paludisme. Dans la colonne (5), le coefficient du terme d'interaction entre l'indice de Kiszewski et la mise à l'échelle continue d'indiquer un effet faible de la mise à l'échelle sur le risque d'anémie modérée ou sévère, très proche de celui mis en évidence dans la colonne (3). Dans aucune de ces deux colonnes nous n'observons d'effet significatif des autres politiques de lutte contre le paludisme.

Pour montrer la robustesse de nos résultats, nous présentons dans le sous-tableau B les résultats lorsque l'on mesure l'exposition aux campagnes via la durée d'exposition. L'effet de la mise à l'échelle sur l'anémie modérée ou sévère est significatif dans la colonne (3). Dans une région où l'intensité du paludisme est supérieure d'un écart-type à l'intensité moyenne, l'effet de la mise à l'échelle sur la probabilité d'anémie modérée ou sévère est plus fort en valeur absolue de 4,50 [=  $100 \times 0,0045 \times 10,01$ ] points de pourcentage que dans une région où l'intensité prend une valeur moyenne (contrefactuel). L'effet de la mise à l'échelle est comparable en ordre de grandeur, mais non-significatif, dans la colonne (5). A l'exception de la CTA dans la colonne (5), les coefficients associés aux autres politiques ne sont pas significatifs.

Au final, les résultats des deux sous-tableaux soulignent que l'impact de la mise à l'échelle de la distribution de moustiquaires sur la probabilité d'anémie modérée ou sévère est parfois

significatif, tandis que son effet sur la probabilité d'anémie sévère est non-significatif. Il semble que les autres politiques ne jouent pas de rôle majeur<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> Dans le bas du tableau 3, nous indiquons les  $R^2$  des modèles estimés. Cependant, de façon générale, pour les modèles linéaires de probabilité (LPM), le  $R^2$  n'est pas une bonne mesure de la qualité du modèle. Pour obtenir une meilleure mesure de la qualité de l'ajustement que le  $R^2$ , pour un LPM, on procède généralement de la façon suivante : on utilise le modèle pour calculer la prédiction de la variable expliquée ; on crée une variable dichotomique qui est égale à 0 si cette prédiction est inférieure à la moyenne de la variable et à 1 si cette prédiction est supérieure à cette moyenne ; on calcule la proportion de cas dans lesquels la variable dichotomique ainsi créée est égale à la variable expliquée. Dans notre cas, pour les modèles du tableau 3, colonnes (5) et (6), cette proportion est égale à 54% dans le cas de l'anémie modérée ou sévère et à 52% dans le cas de l'anémie sévère. Ces chiffres montrent donc que la qualité de l'ajustement de nos modèles est bonne.

Tableau 3. *Effet de toutes les interventions (échantillon complet).*

	(1) Anémie modérée ou sévère	(2) Anémie sévère	(3) Anémie modérée ou sévère	(4) Anémie sévère	(5) Anémie modérée ou sévère	(6) Anémie sévère
<b>Sous-tableau A. Exposition mesurée par la variable dichotomique</b>						
Kiszewski × Mise à l'échelle	-0,0015 (0,0012)	-0,0001 (0,0003)	-0,0028** (0,0012)	-0,0003 (0,0004)	-0,0027** (0,0013)	-0,0003 (0,0004)
Kiszewski × Gratuité moustiquaires pour tous	-	-	0,0030 (0,0019)	0,0002 (0,0006)	0,0019 (0,0020)	0,0001 (0,0006)
Kiszewski × Gratuité moustiquaires centres de santé	-	-	0,0021 (0,0016)	0,0004 (0,0005)	0,0020 (0,0016)	0,0003 (0,0005)
Kiszewski × Fonds Mondial	-	-	-	-	0,0020 (0,0022)	-0,0005 (0,0008)
Kiszewski × CTA	-	-	-	-	0,0003 (0,0021)	0,0004 (0,0007)
Kiszewski × AID	-	-	-	-	0,0010 (0,0015)	0,0001 (0,0007)
Observations	151 096	151 096	151 096	151 096	151 096	151 096
R <sup>2</sup>	0,1692	0,0665	0,1695	0,0667	0,1696	0,0670
<b>Sous-tableau B. Exposition mesurée par la durée</b>						
Kiszewski × Mise à l'échelle	-0,0019 (0,0026)	-0,0000 (0,0004)	-0,0045* (0,0026)	-0,0006 (0,0006)	-0,0040 (0,0028)	-0,0010 (0,0007)
Kiszewski × Gratuité moustiquaires pour tous	-	-	0,0023 (0,0020)	0,0005 (0,0007)	0,0016 (0,0022)	0,0008 (0,0007)
Kiszewski × Gratuité moustiquaires centres de santé	-	-	0,0020 (0,0020)	0,0002 (0,0007)	0,0024 (0,0023)	-0,0002 (0,0008)
Kiszewski × Fonds Mondial	-	-	-	-	0,0040 (0,0026)	-0,0004 (0,0009)
Kiszewski × CTA	-	-	-	-	-0,0047* (0,0026)	0,0006 (0,0009)
Kiszewski × AID	-	-	-	-	0,0019 (0,0014)	0,0007 (0,0006)
Observations	151 096	151 096	151 096	151 096	151 096	151 096
R <sup>2</sup>	0,1695	0,0665	0,1697	0,0669	0,1603	0,0670
Contrôles sociodémographiques	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Contrôles saisons et climat	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Effets fixes cohorte-pays	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Effets fixes région	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Effets fixes année d'enquête	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Ecart-types « clusterisés » par région présentés entre parenthèses.						
*** : significatif au seuil de 1%. ** : significatif au seuil de 5%. * : significatif au seuil de 10%.						

Dans l'annexe B, nous présentons les résultats d'un test additionnel de robustesse. Plus précisément, nous ajoutons l'âge de l'enfant et l'âge de l'enfant au carré comme variables de contrôle additionnelles. Les résultats sont proches de ceux du tableau 3.



## L'exposition à la mise à l'échelle dans l'échantillon restreint

Nous examinons maintenant l'équation (2) pour l'échantillon restreint, en quantifiant l'exposition aux interventions par la variable dichotomique. Les résultats sont présentés dans le tableau 4.

La première ligne contient l'estimation de l'équation pour tous les pays de l'échantillon restreint. Le terme d'interaction entre l'indice de Kiszewski et l'exposition à la mise à l'échelle n'est pas significatif, ce qui implique que l'effet de la mise à l'échelle n'influence pas la probabilité d'anémie.

Les lignes suivantes montrent les résultats de l'estimation du modèle, pays par pays. Le terme d'interaction n'est généralement pas significatif. Cependant, pour le Malawi, ce terme d'interaction est significatif dans les modèles expliquant l'anémie modérée ou sévère et l'anémie sévère, donc la mise à l'échelle permet de diminuer la probabilité d'anémie. Dans une région où l'indice de Kiszewski est supérieur d'un écart-type (un écart-type vaut 2,95 dans ce pays) à la moyenne, la mise à l'échelle réduit la probabilité d'être atteint d'anémie modérée ou sévère de 5,69 [=  $100 \times 0,0193 \times 2,95$ ] points de pourcentage de plus que dans la région-contrefactuel où l'indice de Kiszewski prend une valeur moyenne. A titre d'information, 40,8% des enfants sont atteints d'anémie modérée ou sévère dans ce pays, ce qui implique que l'effet que nous trouvons est plutôt faible.

De même, pour le Sénégal, le terme d'interaction est significatif pour l'anémie modérée ou sévère. Dans une région où l'indice de Kiszewski est supérieur d'un écart-type (un écart-type vaut 3,39 dans ce pays) à la moyenne, la mise à l'échelle réduit la probabilité d'anémie modérée ou sévère de 4,03 [=  $100 \times 0,0119 \times 3,39$ ] points de pourcentage de plus que dans la région-contrefactuel. Etant donné que 56,6% des enfants sont atteints d'anémie modérée ou sévère au Sénégal, l'impact de la mise à l'échelle est modéré<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> L'impact positif et significatif que l'on observe au Malawi et au Sénégal ne tient pas au fait que les campagnes de prévention/politiques de santé soient différentes de celles menées dans les autres pays. A notre sens, les résultats sont significatifs parce qu'il y a une bonne variabilité de l'intensité du paludisme dans nos données pour ces pays. Par exemple, au Malawi, nous avons un assez grand nombre de régions (26) et une bonne variabilité de l'indice de Kiszewski (sa moyenne vaut 6,28 et son écart-type vaut 2,95).

Tableau 4. *Effet de la mise à l'échelle (échantillon restreint)*

		(1)	(2)
		Anémie modérée ou sévère	Anémie sévère
Ensemble des pays <sup>#</sup>	Kiszewski × Mise à l'échelle	-0,0046 (0,0029)	-0,0002 (0,0005)
Malawi	Kiszewski × Mise à l'échelle	-0,0193* (0,0103)	-0,0055* (0,0028)
Niger	Kiszewski × Mise à l'échelle	-0,0018 (0,0047)	0,0004 (0,0008)
RDC	Kiszewski × Mise à l'échelle	-0,0098 (0,0064)	-0,0020 (0,0012)
Sénégal	Kiszewski × Mise à l'échelle	-0,0119** (0,0048)	-0,0033 (0,0029)
Tanzanie	Kiszewski × Mise à l'échelle	-0,0019 (0,0047)	0,0011 (0,0009)
	Contrôles sociodémographiques	Oui	Oui
	Contrôles saisons et climat	Oui	Oui
	Effets fixes cohorte-pays	Oui	Oui
	Effets fixes région	Oui	Oui
	Effets fixes année d'enquête	Oui	Oui

Écarts-types « clusterisés » par région présentés entre parenthèses.  
 \*\*\* : significatif au seuil de 1%. \*\* : significatif au seuil de 5%. \* : significatif au seuil de 10%.  
 # : Ces pays sont le Malawi, le Niger, la RDC, le Sénégal, et la Tanzanie.

L'annexe C présente les coefficients des variables de contrôle pour le modèle incluant l'ensemble des pays.

### Analyse par sous-groupes

Dans ce qui précède, nous avons évalué l'impact moyen des interventions de lutte contre le paludisme sur la probabilité d'anémie, pour l'ensemble de la population, sans distinction selon le statut socioéconomique des ménages. Afin d'étudier l'hétérogénéité de l'effet de la mise à l'échelle sur la probabilité d'anémie, nous ré-estimons le modèle (2), à partir de l'échantillon restreint, séparément par niveau d'éducation de la mère et par niveau de richesse du ménage. Les modèles sont ajustés pour les caractéristiques sociodémographiques, les saisons, et le climat. Les résultats sont présentés dans le tableau 5. Dans les colonnes (1) et (2), la variable expliquée est l'anémie modérée ou sévère, et dans les colonnes (3) et (4), c'est l'anémie sévère.

Nous définissons deux niveaux d'éducation de la mère : un niveau d'éducation inférieur à l'école primaire (« Mère avec niveau d'éducation faible ») ou supérieur ou égal à l'école primaire (« Mère avec niveau d'éducation plus élevé »). Les résultats de l'estimation pour ces deux groupes sont présentés dans le sous-tableau A. Dans les colonnes (1) et (3), l'échantillon comprend seulement les enfants dont la mère a un niveau d'éducation faible, alors que dans les colonnes (2) et (4), il comporte juste les enfants dont la mère a un niveau d'éducation plus élevé. Au Malawi, le terme d'interaction entre l'indice de Kiszewski et la mise à l'échelle est significatif dans trois

colonnes, et il semble plus fort en valeur absolue pour les enfants dont la mère a un niveau d'éducation faible que pour les enfants dont la mère a un niveau d'éducation plus élevé. En RDC, le terme d'interaction est significativement associé à la probabilité d'anémie, mais seulement lorsque la mère a un niveau d'éducation plus élevé. Au Sénégal, on trouve un effet bénéfique sur la probabilité d'anémie modérée ou sévère (resp. sévère), pour les enfants dont la mère a un niveau d'éducation faible (resp. plus élevé) seulement. En outre, en Tanzanie, on observe un impact négatif et significatif sur la probabilité d'anémie modérée ou sévère pour les enfants dont la mère a un niveau d'éducation faible. Un autre résultat est moins intuitif et difficile à interpréter (effet positif du terme d'interaction pour la Tanzanie dans la colonne (3)).

Pour ce qui est de la richesse du ménage, nous distinguons les ménages dans lesquels il n'y a ni accès à une source d'eau améliorée ni accès à des sanitaires améliorés (« ménages démunis »), des ménages dans lesquels il y a accès soit à une source d'eau améliorée, soit à des sanitaires améliorés, soit aux deux (« ménages plus aisés »). Les résultats sont présentés dans le sous-tableau B. Pour l'ensemble des pays, ce sont uniquement les ménages les plus favorisés qui tirent parti de la mise à l'échelle. Au Malawi, les résultats suggèrent à nouveau que les ménages démunis (resp. plus aisés) bénéficient plus de la mise à l'échelle en terme de réduction de la probabilité d'anémie modérée ou sévère (resp. sévère). En RDC, on trouve un effet significatif de la mise à l'échelle sur la probabilité d'anémie (modérée ou sévère, et sévère) dans les ménages plus aisés seulement. Finalement, le tableau montre aussi pour le Sénégal un effet bénéfique sur la probabilité d'anémie modérée ou sévère, mais dans les ménages démunis seulement.

Au final, il semble qu'au Malawi la mise à l'échelle profite à tous les enfants, indifféremment de leur milieu social. Au contraire, en RDC, seuls les ménages de statut socioéconomique plus élevé tirent bénéfice de la mise à l'échelle.

Tableau 5. Analyse par sous-groupes (échantillon restreint)

	(1) Anémie modérée ou sévère	(2) Anémie modérée ou sévère	(3) Anémie sévere	(4) Anémie sévere
<b>Sous-tableau A. Analyse selon le niveau d'éducation de la mère</b>				
	Mère avec niveau d'éducation faible	Mère avec niveau d'éducation plus élevé	Mère avec niveau d'éducation faible	Mère avec niveau d'éducation plus élevé
Ensemble des pays	-0,0045 (0,0042)	-0,0042 (0,0027)	0,0002 (0,0007)	-0,0005 (0,0006)
Malawi	-0,0310* (0,0161)	-0,0191 (0,0127)	-0,0089* (0,0043)	-0,0055** (0,0026)
Niger	-0,0021 (0,0053)	-0,0027 (0,0046)	0,0007 (0,0009)	-0,0004 (0,0015)
RDC	-0,0163 (0,0156)	-0,0108* (0,0057)	0,0014 (0,0063)	-0,0040** (0,0013)
Sénégal	-0,0096* (0,0049)	-0,0113 (0,0096)	-0,0012 (0,0045)	-0,0058** (0,0020)
Tanzanie	-0,0605*** (0,0041)	-0,0008 (0,0047)	0,0063** (0,0028)	0,0012 (0,0010)
<b>Sous-tableau B. Analyse selon le niveau de richesse du ménage</b>				
	Ménages démunis	Ménages plus aisés	Ménages démunis	Ménages plus aisés
Ensemble des pays	-0,0036 (0,0040)	-0,0048* (0,0027)	0,0012 (0,0009)	-0,0008* (0,0005)
Malawi	-0,0493** (0,0237)	-0,0111 (0,0091)	-0,0021 (0,0064)	-0,0061** (0,0023)
Niger	0,0004 (0,0069)	-0,0025 (0,0039)	0,0024 (0,0013)	-0,0008 (0,0009)
RDC	0,0002 (0,0139)	-0,0182*** (0,0044)	0,0054 (0,0048)	-0,0054* (0,0027)
Sénégal	-0,0185** (0,0059)	-0,0075 (0,0075)	-0,0026 (0,0024)	-0,0019 (0,0036)
Tanzanie	-0,0067 (0,0057)	-0,0002 (0,0046)	0,0011 (0,0020)	0,0013 (0,0011)
Contrôles sociodémographiques	Oui	Oui	Oui	Oui
Contrôles saisons et climat	Oui	Oui	Oui	Oui
Effets fixes cohorte-pays	Oui	Oui	Oui	Oui
Effets fixes région	Oui	Oui	Oui	Oui
Effets fixes année d'enquête	Oui	Oui	Oui	Oui

Ecarts-types « clusterisés » par région présentés entre parenthèses.

\*\*\* : significatif au seuil de 1%. \*\* : significatif au seuil de 5%. \* : significatif au seuil de 10%.

## CONCLUSION

Cet article s'intéresse à l'effet des politiques de lutte contre le paludisme, et en particulier de la mise à l'échelle de la distribution de moustiquaires, sur la probabilité d'anémie des jeunes enfants en Afrique subsaharienne. La mise à l'échelle consiste en la distribution massive et gratuite de moustiquaires, ce qui semble a priori efficace pour lutter contre le paludisme dans un contexte où les individus sont fortement contraints financièrement (Cohen et Dupas [2010]). Nos données combinent entre autres des informations individuelles provenant du programme d'enquêtes EDS, et des données régionales sur l'intensité du paludisme, provenant des travaux de Kiszewski et al. [2004]. Notre hypothèse de recherche est que si l'exposition au paludisme a un effet sur la prévalence de l'anémie, alors nous devrions observer que les politiques de lutte contre le paludisme réduisent davantage la probabilité d'anémie dans les régions où l'intensité de paludisme était plus forte avant le lancement des politiques.

Nous mettons en œuvre deux approches. Dans un premier temps, nous adoptons une perspective globale, utilisons notre échantillon complet qui contient 16 pays (entre 2000 et 2014), et mesurons l'effet de la mise à l'échelle mais aussi de cinq autres politiques de lutte contre le paludisme. Dans un second temps, nous utilisons un échantillon restreint qui ne comprend que les cinq pays pour lesquels nous avons une enquête réalisée peu de temps avant la mise à l'échelle et une autre peu de temps après, et nous quantifions l'effet de la mise à l'échelle seulement. Les deux approches indiquent un impact faible, parfois nul, de la mise à l'échelle sur la probabilité d'anémie modérée ou sévère. Ceci dit, le Malawi et le Sénégal ont tiré bénéfice des campagnes de mise à l'échelle. Les autres politiques ne semblent pas avoir joué de rôle significatif.

Pour mieux comprendre nos résultats, il nous semble important de souligner plusieurs points. D'abord, c'est l'utilisation de moustiquaires par les familles, et non pas leur simple distribution aux ménages, qui pourrait faire baisser la prévalence de l'anémie. Or notre variable de mise à l'échelle mesure la distribution. Notez que des travaux ont bien souligné que la possession de moustiquaires n'entraîne pas forcément leur utilisation (Singh et al. [2013])<sup>24</sup>. En outre, l'indice de Kiszewski et nos variables d'exposition aux politiques sont potentiellement mesurés avec erreur, ce qui pourrait engendrer des biais d'atténuation. Dans ce cas, nos estimations représenteraient des bornes inférieures des véritables effets des politiques. En outre, certaines variables de contrôle, comme les conditions climatiques, souffrent également d'erreurs de mesure. Finalement, si d'autres mesures de lutte contre le paludisme ont été mises en œuvre en même temps que la mise à l'échelle et les cinq autres politiques, alors il est possible que l'effet de la mise à l'échelle que nous observons dans certaines spécifications incorpore l'effet de ces autres mesures, et soit donc biaisé. On pense en particulier à l'adoption des tests de diagnostic rapide. Il serait intéressant que de nouveaux travaux tentent de tenir compte de façon très précise de cette autre mesure.

---

<sup>24</sup> Les raisons que les individus donnent le plus couramment pour expliquer la non-utilisation sont le manque de confort, la difficulté de suspendre les moustiquaires, la méconnaissance des bénéfices liés à l'utilisation, et les usages alternatifs des moustiquaires. Du point de vue des politiques publiques, cela signifie que les distributions de moustiquaires ne sont pas suffisantes en soi. Pour atteindre un degré élevé de prévention, la prise en compte des caractéristiques et des contraintes qui pèsent sur les ménages semble nécessaire.

En dépit des limites que nous venons d'indiquer, il nous semble que nos résultats permettent d'affiner les conclusions de travaux sur le lien entre paludisme et éducation. En effet, Kuecken et al. [2014], Lucas [2010] et Thuilliez [2009]) entre autres ont mis en évidence l'impact positif de la lutte contre le paludisme sur le niveau d'éducation en Afrique subsaharienne, au Paraguay, et au Sri Lanka. Nos résultats soulignent que l'anémie pourrait être l'un des mécanismes (mais pas le mécanisme central ceci dit) via lequel le paludisme influence l'éducation. De façon plus générale, si la recherche sur les effets de la lutte contre le paludisme sur l'éducation par exemple reçoit maintenant suffisamment d'attention, les études sur les canaux via lesquels le paludisme exerce son influence sont assez peu nombreuses (Thuilliez et al. [2010]). Cela pourrait constituer une piste prometteuse pour de futurs travaux de recherche.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- APOUEY B. et PICONE G. [2014], « Social interactions and malaria preventive behaviors », *Health Economics*, 23 (9), p. 994-1012.
- BARRECA A.I. [2010], « The long-term economic impact of in utero and postnatal exposure to malaria », *Journal of Human Resources*, 45 (4), p. 865-892.
- BLEAKLEY H. [2007], « Disease and development: evidence from hookworm eradication in the American South », *Quarterly Journal of Economics*, 122 (1), p. 73-117.
- BOBONIS G.J., MIGUEL E. et PURI-SHARMA C. [2006], « Anemia and school participation », *Journal of Human Resources*, 41 (4), p. 692-721.
- BRABIN B.J., PREMJI Z. et VERHOEFF F. [2001], « An analysis of anemia and child mortality », *Journal of Nutrition*, 131 (2), p. 636S-648S.
- CHANG S., WANG L., WANG Y., BROUWER I.D., KOK F.J., LOZOFF B. et CHEN C. [2011], « Iron-deficiency anemia in infancy and social emotional development in preschool-aged Chinese children », *Pediatrics*, 127 (4), e927-e933.
- CHANG S., ZENG L., BROUWER I.D., KOK F.J. et YAN H. [2013], « Effect of iron deficiency anemia in pregnancy on child mental development in rural China », *Pediatrics*, 131 (3), e755-e763.
- COHEN J. et DUPAS P. [2010], « Free distribution or cost-sharing? Evidence from a randomized malaria prevention experiment », *Quarterly Journal of Economics*, 125 (1), p. 1-45.
- CUTLER D., FUNG W., KREMER M., SINGHAL M. et VOGL T. [2010], « Early-life malaria exposure and adult outcomes: Evidence from malaria eradication in India », *American Economic Journal: Applied Economics*, 2 (2), p. 72-94.
- HONG S.C. [2013], « Malaria: An early indicator of later disease and work level », *Journal of Health Economic*, 32 (3), p. 612-632.
- HORTON S. et ROSS J. [2003], « The economics of iron deficiency », *Food policy*, 28 (1), p. 51-75.
- KISZEWSKI A., MELLINGER A., SPIELMAN A., MALANEY P., EHRLICH SACHS S. et SACHS J. [2004], « A global index representing the stability of malaria transmission », *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 70 (5), p. 486-498.
- KUECKEN M., THUILLIEZ J. et VALFORT M.-A. [2014], « Does malaria control impact education? A study of the Global Fund in Africa », *Mimeo*. Accessible sur <https://mariakuecken.files.wordpress.com/2012/05/gfpaper300514.pdf>
- LENGELER C. [2004]. « Insecticide-treated bed nets and curtains for preventing malaria », *Cochrane Database Systematic Reviews*, 2 (2).
- LUCAS A.M. [2010]. « Malaria eradication and educational attainment: Evidence from Paraguay and Sri Lanka », *American Economic Journal: Applied Economics*, 2 (2), p. 46-71.
- MENENDEZ C., FLEMING A.F. et ALONSO P.L. [2000], « Malaria-related anaemia », *Parasitology today*, 16 (11), p. 469-476.
- MIGUEL E. et KREMER M. [2004], « Worms: Identifying impacts on education and health in the presence of treatment externalities », *Econometrica*, 72 (1), p. 159-217.
- MULLER O., TRAORÉ C., JAHN A. et BECHER H. [2003], « Severe anaemia in West African children: Malaria or malnutrition? », *Lancet*, 361 (9351), p. 86-87.
- NESTEL P. et The International Nutritional Anemia Consultative Group [2002], « Adjusting hemoglobin values in program surveys ». Accessible sur [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNACQ927.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACQ927.pdf)
- OMS [2013], « World malaria report 2013 », Genève.

- OMS et UNICEF [2005], Déclaration conjointe de l'Organisation Mondiale de la Santé et du Fonds des Nations Unies pour l'Enfance. « Focaliser sur l'anémie. Vers une approche intégrée pour un contrôle efficace de l'anémie », Accessible sur [http://www.who.int/topics/anaemia/who\\_unicef\\_anaemiastatement\\_fr.pdf](http://www.who.int/topics/anaemia/who_unicef_anaemiastatement_fr.pdf)
- PICONE G., KIBLER R. et APOUEY B.H. [2013], « Malaria prevalence, indoor residual spraying, and insecticide-treated net usage in sub-Saharan Africa », *Document de travail*, Paris School of Economics, Accessible sur <http://hal.archives-ouvertes.fr/halshs-00911364/document>
- RBM [2012], The global malaria action plan. Accessible sur [www.rollbackmalaria.org/gmap](http://www.rollbackmalaria.org/gmap)
- SANOU D. et NGNIE-TETA I. [2012], « Risk factors for anemia in preschool children in sub-Saharan Africa », dans D.S. Silverberg (dir.), *Anemia*, InTech, p. 171-190. Accessible sur <http://cdn.intechopen.com/pdfs/30546.pdf>
- SINGH M., BROWN G. et ROGERSON S.J. [2013], « Ownership and use of insecticide-treated nets during pregnancy in sub-Saharan Africa: A review », *Malaria Journal*, 12, 268.
- SOEMANTRI A.G., POLLITT E. et KIM I. [1985], « Iron deficiency anemia and educational achievement », *American Journal of Clinical Nutrition*, 42 (6), p. 1221-1228.
- STEVENS G.A., FINUCANE M.M., DE-REGIL L.M., PACIOREK C.J., FLAXMAN S.R., BRANCA F., PEÑA-ROSAS J.P., BHUTTA Z.A. et EZZATI M., pour le Nutrition Impact Model Study Group (Anaemia) [2013], « Global, regional, and national trends in haemoglobin concentration and prevalence of total and severe anaemia in children and pregnant and non-pregnant women for 1995–2011: A systematic analysis of population-representative data », *The Lancet Global Health*, 1 (1), e16-e25.
- STOLTZFUS R.J., KVALSVIG J.D., CHWAYA H.M., MONTRESOR A., ALBONICO M., TIELSCH, J. M., SAVIOLI L. et POLLITT E. [2001], « Effects of iron supplementation and anthelmintic treatment on motor and language development of preschool children in Zanzibar: Double blind, placebo controlled study », *British Medical Journal*, 323, 1389.
- THUILLIEZ J. [2009], « L'impact du paludisme sur l'éducation primaire : Une analyse en coupe transversale des taux de redoublement et d'achèvement », *Revue d'Economie du Développement*, 23 (1), p. 167-201.
- THUILLIEZ J., SISSOKO M., TOURE O., KAMATE P., BERTHELEMY J.-C. et DOUMBO O. [2010], « Malaria and primary education in Mali: A longitudinal study in the village of Donéguébougou », *Social Science and Medicine*, 71 (2), p. 324-334.
- VENKATARAMANI A.S. [2012], « Early life exposure to malaria and cognition in adulthood: Evidence from Mexico », *Journal of Health Economics*, 31 (5), p. 767-780.
- WILDE J., APOUEY B., GELSHEIMER G. et PICONE G. [2014a], « Infant mortality, fertility, and malaria: the effect of mosquito net distribution in sub-Saharan Africa », *Mimeo*. Accessible sur <http://www.touteconomie.org/afse2014/index.php/meeting2014/lyon/paper/viewFile/341/180>
- WILDE J., APOUEY B. et JUNG T. [2014b], « Heat waves at conception and later life outcomes », *University of South Florida Working Paper*. Accessible sur [http://economics.usf.edu/PDF/Wilde\\_Apouey\\_Jung\\_HeatWavesConception.pdf](http://economics.usf.edu/PDF/Wilde_Apouey_Jung_HeatWavesConception.pdf)



## ANNEXE A. Les politiques de lutte contre le paludisme selon les pays

Tableau A.1. *Les sources concernant la mise à l'échelle dans la distribution de moustiquaires, par pays*

Pays	Source
Angola	Angola rapports IPP « Malaria Operational Plans » de 2006 à 2015 ; Angola rapport MIS (2006-07) ; Angola rapport MIS (2011)
Bénin	Bénin rapports IPP « Malaria Operational Plans » de 2008 à 2015 ; Bénin rapport EDS (2001) ; Bénin rapport EDS (2006) ; Bénin rapport EDS (2011-12)
Burkina Faso	Burkina Faso rapport EDS (2003) ; Burkina Faso rapport EDS (2010) ; Burkina Faso rapport USAID (2013)
Cameroun	Cameroun rapport EDS (2004) ; Cameroun rapport EDS (2011) ; Cameroun rapport « Malaria No More » (2012)
Ghana	Ghana rapports IPP « Malaria Operational Plans » de 2008 à 2015 ; Ghana rapport EDS (2003) ; Ghana rapport EDS (2008)
Guinée	Guinée rapports IPP « Malaria Operational Plans » de 2012 à 2015 ; Guinée rapport EDS (2005) ; Guinée rapport EDS (2012)
Libéria	Libéria rapports IPP « Malaria Operational Plans » de 2008 à 2015 ; Libéria rapport MIS (2009) ; Libéria rapport MIS (2011) ; Libéria rapport EDS (2013)
Malawi	Malawi rapports IPP « Malaria Operational Plans » de 2007 à 2015 ; Malawi rapport EDS (2004) ; Malawi rapport EDS (2010) ; Malawi rapport MIS (2012)
Mali	Mali rapports IPP « Malaria Operational Plans » de 2008 à 2015 ; Mali rapport EDS (2006) ; Mali rapport EDS (2012-13)
Niger	Niger rapport EDS (2006) ; Niger rapport EDS (2012)
Ouganda	Ouganda rapports IPP « Malaria Operational Plans » de 2006 à 2015 ; Ouganda rapport EDS (2006) ; Ouganda rapport MIS (2009) ; Ouganda rapport EDS (2011) ; Ouganda rapport AIS (2011)
RDC	RDC rapports IPP « Malaria Operational Plans » de 2011 à 2015
Rwanda	Rwanda rapports IPP « Malaria Operational Plans » de 2007 à 2015 ; Rwanda rapport EDS (2005) ; Rwanda rapport EDS (2010) ; Rwanda rapport MIS (2013)
Sénégal	Sénégal rapports IPP « Malaria Operational Plans » de 2007 à 2015 ; Sénégal rapport EDS (2005) ; Sénégal rapport MIS (2006) ; Sénégal rapport MIS (2008-09) ; Sénégal rapport EDS (2010-11) ; Sénégal rapport EDS (2012-13)
Tanzanie	Tanzanie IPP « Malaria Operational Plans » de 2006 à 2015 ; Tanzanie rapport EDS (2004-05) ; Tanzanie rapport AIS (2007-08) ; Tanzanie DHS report » (2010) ; Tanzanie rapport EDS (2011-12)
Zimbabwe	Zimbabwe rapports IPP « Malaria Operational Plans » de 2012 à 2015 ; Zimbabwe rapport EDS (2005-06) ; Zimbabwe rapport EDS (2010-11)

AIS signifie « AIDS Indicator Survey » ; EDS, « Enquête Démographique et de Santé » ; IPP, « Initiative Présidentielle contre le Paludisme » ; MIS, « Malaria Indicator Survey » ; et USAID « United States Agency for International Development ».

Les rapports AIS, EDS, et MIS sont accessibles sur [www.measuredhs.com](http://www.measuredhs.com).

Pour le Burkina Faso, le rapport USAID (2013) s'intitule « A documentation of Malaria Program Implementation in Burkina Faso ». Il a été préparé par le « Maternal and Child Integrated Program » / USAID, en collaboration avec le Programme National de Lutte contre le Paludisme.

Pour le Cameroun, le rapport « Malaria No More » est accessible sur [www.comminit.com/files/cameroon\\_1yr\\_report\\_final\\_2012-8-13\\_2.pdf](http://www.comminit.com/files/cameroon_1yr_report_final_2012-8-13_2.pdf).

Tableau A.2. Les dates de début de politiques contre le paludisme par pays

	(1) Plans Nationaux de Lutte contre le Paludisme	(2) Intervention du Fonds Mondial	(3) Gratuité des moustiquaires dans les centres de santé, lors des visites prénatales et dans le cadre du Plan Elargi de Vaccination	(4) Gratuité des moustiquaires pour tout le monde	(5) Mise à l'échelle des moustiquaires	(6) Aspersion Intra-Domiciliaire (AID)	(7) Adoption de la Combinaison Thérapeutique à base d'Artésimine (CTA)
<b>Sources principales d'information</b>	Rapport des Plans Nationaux de Lutte contre le Paludisme, Rapports des Enquêtes Démographiques et de Santé (EDS), Initiative Présidentielle contre le Paludisme (IPP)	Initiative Présidentielle contre le Paludisme (IPP)	Initiative Présidentielle contre le Paludisme (IPP)	Organisation Mondiale de la Santé (OMS)	Voir Annexe, Table A.2	Initiative Présidentielle contre le Paludisme (IPP)	Initiative Présidentielle contre le Paludisme (IPP), Organisation Mondiale de la Santé (OMS)
<b>Angola</b>	2005-10 ; 2011-15	2005	2005-06	2011	2012-13	Niveau régional. Huila : 2005-13 ; Huambo : 2007-13 ; Cunene : 2005-06 ; 2010-13 ; Namibe : 2006	2006
<b>Bénin</b>	2006-10 ; 2011-15	2003	2007	2007	2010-11	Niveau régional. Ouémé : 2008-2010 ; Atacora : 2011-13	2008
<b>Burkina Faso<sup>#</sup></b>	2002-2005 ; 2006-2010 ; 2011-2015	2003	2007	2007	2009-2010	Niveau régional. Diébougou : 2010-2012	2005
<b>Cameroun<sup>#</sup></b>	2011-2015	2004	2006-07	2012	2012	Limité	2004
<b>Ghana</b>	2007-11 ;	2003	2006	2004	2010-11	Niveau régional. Ashanti : 2005-14 ; Northern : 2008-13 ; Upper West : 2014	2004
<b>Guinée</b>	2006-10 ; 2011-15	2003	2007	2009	2013-14	Limité	2010

<b>Libéria</b>	2004-08 ; 2008-13	2004	2005-06	2005	2008-09	Niveau régional. Margibi, Grand Bassa : 2009-12 ; Montserrado : 2010-12 ; Bong : 2011-13.	2004
<b>Malawi</b>	2001-05 ; 2005-10 ; 2011-15	2006	2006	2006	2011	Niveau régional. Nkhotakota : 2007-12 ; Salima, Karonga, Nkhata Bay, Mangochi, Chikhwawa, Nsanje : 2010	2007
<b>Mali</b>	2007-11 ; 2013-17	2003	2006	2005	2011-13	Niveau régional. Koulikoro, Segou : 2008-2013	2009
<b>Niger</b>	2001-05 ; 2006-10 ; 2011-15	2004	2005	2005	2009	Niveau régional. Niamey : 2008-2013	2005
<b>RDC</b>	2009-13 ; 2013-15	2005	2008	2008	2011-12	Limité	2006
<b>Rwanda</b>	2008-12 ; 2013-18	2004	2004	2004	2010	Niveau régional. Kigali : 2007-13 ; Kibungo : 2008-11 ; Butare : 2008-13	2006
<b>Sénégal</b>	2005-10 ; 2011-15	2003	1998	1998	2009	Niveau régional. Kolda, Kaolack : 2007-13 ; Saint-Louis : 2007-10 ; Tambacounda : 2010-13	2005
<b>Tanzanie</b>	2008-13	2003	2005	2009-10 <sup>##</sup>	2009-10	Niveau régional. Zanzibar : 2006-08 ; Muleba : 2008-09 ; Kagera : 2009-2010	2003
<b>Ouganda</b>	2005-10	2004	2006	2006	2011-12	Niveau régional. Oueset : 2006-08 ; Nord : 2007-	2004

						13	
<b>Zimbabwe</b>	2008-13	2003	2008	2009	2015 <sup>###</sup>	Niveau régional. Manicaland : 2012-13 ; Matabeleland Nord : 2013 ; Masvingo : 2013 ; Mashonaland Central : 2013 ; Mashonaland Est et Ouest : 2012-13 ; Midlands : 2013	2007

<sup>#</sup> Le Burkina Faso et le Cameroun ne sont pas des pays couverts par l'Initiative Présidentielle contre le Paludisme. En outre, l'OMS ne fournit pas de date à laquelle les moustiquaires sont devenues gratuites au Cameroun. Pour ces pays, nos sources de données sont les rapports des Enquêtes Démographiques et de Santé (EDS), le rapport USAID (2013) intitulé « A documentation of Malaria Program Implementation in Burkina Faso » pour le Burkina Faso, et le rapport « Malaria No More » (2012) (accessible sur [www.comminit.com/files/cameroon\\_1yr\\_report\\_final\\_2012-8-13\\_2.pdf](http://www.comminit.com/files/cameroon_1yr_report_final_2012-8-13_2.pdf)) pour le Cameroun.

<sup>##</sup> Cette donnée provient des rapports de l'IPP et non pas de l'OMS.

<sup>###</sup> Pour le Zimbabwe, nous avons seulement des informations sur l'intention de mettre en œuvre la mise à l'échelle.

## ANNEXE B. Robustesse des résultats

Dans le tableau 3, nous estimons le modèle (1) sans utiliser l'âge de l'enfant comme variable de contrôle. La raison en est que le modèle (1) inclut des variables muettes « mois × année de naissance × pays » qui capturent en partie l'âge des enfants. Dans le tableau B.1, nous ré-estimons le modèle (1) mais en incluant l'âge (en mois) et l'âge au carré.

Dans le sous-tableau A, les résultats sont comparables à ceux du tableau 3, sous-tableau A. Dans le sous-tableau B, colonne (3) et (5), les coefficients des termes d'interaction de la mise à l'échelle ne sont plus significatifs. Cependant, les coefficients restent négatifs et leur taille est assez proche de ceux du tableau 3, sous-tableau B.

Tableau B.1. *Effet de toutes les interventions en contrôlant pour l'âge des enfants (échantillon complet).*

	(1) Anémie modérée ou sévère	(2) Anémie sévère	(3) Anémie modérée ou sévère	(4) Anémie sévère	(5) Anémie modérée ou sévère	(6) Anémie sévère
<b>Sous-tableau A. Exposition mesurée par la variable dichotomique</b>						
Kiszewski × Mise à l'échelle	-0,0014 (0,0012)	-0,0000 (0,0003)	-0,0027** (0,0012)	-0,0002 (0,0004)	-0,0025* (0,0013)	-0,0002 (0,0004)
Kiszewski × Gratuité moustiquaires pour tous	-	-	0,0030 (0,0019)	0,0002 (0,0006)	0,0018 (0,0020)	0,0003 (0,0006)
Kiszewski × Gratuité moustiquaires centres de santé	-	-	0,0019 (0,0016)	0,0003 (0,0005)	0,0015 (0,0017)	0,0003 (0,0005)
Kiszewski × Fonds Mondial	-	-	-	-	0,0025 (0,0022)	-0,0005 (0,0008)
Kiszewski × CTA	-	-	-	-	0,0011 (0,0022)	0,0005 (0,0007)
Kiszewski × AID	-	-	-	-	0,0006 (0,0016)	0,0001 (0,0007)
Observations	151 096	151 096	151 096	151 096	151 096	151 096
R <sup>2</sup>	0,1709	0,0667	0,1711	0,0669	0,1712	0,0672
<b>Sous-tableau B. Exposition mesurée par la durée</b>						
Kiszewski × Mise à l'échelle	-0.0010 (0.0026)	0.0001 (0.0004)	-0.0033 (0.0027)	-0.0004 (0.0006)	-0.0033 (0.0028)	-0.0009 (0.0007)
Kiszewski × Gratuité moustiquaires pour tous	-	-	0.0019 (0.0021)	0.0004 (0.0007)	0.0016 (0.0022)	0.0007 (0.0007)
Kiszewski × Gratuité moustiquaires centres de santé	-	-	0.0019 (0.0021)	0.0001 (0.0007)	0.0019 (0.0023)	-0.0003 (0.0008)
Kiszewski × Fonds Mondial	-	-	-	-	0.0038 (0.0026)	-0.0006 (0.0009)
Kiszewski × CTA	-	-	-	-	-0.0043 (0.0027)	0.0008 (0.0009)
Kiszewski × AID	-	-	-	-	0.0015 (0.0015)	0.0007 (0.0007)
Observations	151 096	151 096	151 096	151 096	151 096	151 096
R <sup>2</sup>	0,1709	0,0667	0,1710	0,0670	0,1716	0,0672
Contrôles sociodémographiques	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Contrôles saisons et climat	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Effets fixes cohorte-pays	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Effets fixes région	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Effets fixes année d'enquête	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Age et âge au carré	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Ecart-types « clusterisés » par région présentés entre parenthèses.						
*** : significatif au seuil de 1%. ** : significatif au seuil de 5%. * : significatif au seuil de 10%.						

## ANNEXE C. Commentaires sur les variables de contrôle

Le tableau C.1 présente les coefficients des variables de contrôle, relatives aux caractéristiques sociodémographiques, aux saisons, et aux conditions climatiques, des modèles du tableau 4, estimés à partir de l'échantillon restreint. Les coefficients de ces variables ne sauraient s'interpréter en termes causaux, il s'agit simplement de corrélations.

Les garçons sont plus susceptibles de souffrir d'anémie (modérée ou sévère et sévère) que les filles. L'éducation de la mère va de pair avec une réduction du risque d'anémie : la probabilité qu'un enfant dont la mère a un niveau d'éducation supérieur ou égal à l'école primaire souffre d'anémie modérée ou sévère (respectivement sévère) est inférieure de 2,22 (resp. 0,85) points de pourcentage à celle d'un enfant dont la mère a un niveau d'éducation strictement inférieur à l'école primaire. Ce résultat pourrait signifier que les mères ayant une meilleure compréhension des causes de l'anémie ou davantage d'informations sur cette maladie sont plus à même de protéger leurs enfants. Si l'accès à des sanitaires améliorés est négativement et significativement associé à l'anémie sévère seulement, les trois autres variables de richesse du ménage (possession d'un réfrigérateur, possession d'une radio, accès à une source d'eau améliorée) sont négativement et significativement corrélées aussi bien avec l'anémie modérée ou sévère qu'avec l'anémie sévère. Etant donné que ces variables de richesse pourraient être des proxys pour la qualité de la nutrition des enfants, ces résultats sont conformes à nos attentes. En particulier, la possession d'un réfrigérateur est un proxy naturel pour la consommation de denrées qui se conservent au frais, comme la viande, et ont un impact direct sur la probabilité d'anémie. Finalement, vivre dans une zone urbaine est négativement corrélé à l'anémie modérée ou sévère et l'anémie sévère. Ce résultat pourrait signifier que dans les zones urbaines la nutrition et le suivi médical des enfants sont de meilleure qualité que dans les zones rurales, ce qui se traduit par une meilleure santé.

Le fait que l'enquête se déroule pendant la saison des pluies va de pair avec une hausse de la probabilité d'anémie. Etant donné que s'il y a soudure (période pendant laquelle la nourriture vient à manquer), celle-ci se produit pendant la saison des pluies, cet effet positif de la saison des pluies est un résultat attendu. La saison des récoltes est positivement associée à la probabilité d'anémie modérée ou sévère<sup>25</sup>. Le niveau de précipitations n'est pas corrélé à l'anémie. On observe une relation non-monotone entre température et anémie modérée ou sévère.

---

<sup>25</sup> Une interprétation possible serait que les enfants ne sont pas mieux nourris pendant cette période de l'année (comparée à la saison sèche), car les adultes sont plus occupés.

Tableau C.1. Variables de contrôle (échantillon restreint)

	(1) Anémie modérée ou sévère	(2) Anémie sévère
Kiszewski × Mise à l'échelle	-0,0046 (0,0029)	-0,0002 (0,0004)
Zone urbaine	-0,0386** (0,0128)	-0,0118*** (0,0035)
Garçon	0,0342*** (0,0051)	0,0047** (0,0021)
Taille du ménage	0,0009 (0,0007)	-0,0003 (0,0003)
Réfrigérateur	-0,0521*** (0,0143)	-0,0079** (0,0039)
Radio	-0,0341*** (0,0052)	-0,0064*** (0,0023)
Sanitaires améliorés	-0,0143 (0,0136)	-0,0078** (0,0029)
Source d'eau améliorée	-0,0343*** (0,0094)	-0,0074*** (0,0020)
Education de la mère	-0,0222** (0,0085)	-0,0085*** (0,0026)
Saison des pluies	0,0399* (0,0211)	0,0105* (0,0055)
Saison des récoltes	0,0350** (0,0166)	-0,0004 (0,0074)
Précipitation	-0,0002 (0,0003)	-0,0001 (0,0001)
Précipitation au carré	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)
Température	0,0463* (0,0237)	-0,0045 (0,0063)
Température au carré	-0,0008** (0,0004)	0,0000 (0,0001)
Contrôles sociodémographiques	Oui	Oui
Contrôles saisons et climat	Oui	Oui
Effets fixes cohorte-pays	Oui	Oui
Effets fixes région	Oui	Oui
Effets fixes année de l'enquête	Oui	Oui
Observations	40 605	40 605
R <sup>2</sup>	0,1267	0,0388

Ecarts-types « clusterisés » par région présentés entre parenthèses.

\*\*\* : significatif au seuil de 1%. \*\* : significatif au seuil de 5%. \* : significatif au seuil de 10%.