



Profil de l'épidémiologie et de la lutte contre le paludisme au

Mali



Auteurs collaborateurs

Prénom

Madina Konate
Diahara Traore

Affiliation

Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP), Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique

Drissa Coulibaly
Ogobara Doumbo

Centre de recherche et de formation sur le paludisme (Malaria Research and Training Center/MRTC), Université de Bamako, Bamako, Mali

David Kyalo
Joseph K. Maina
Peter M. Macharia
Emelda A. Okiro
Robert W. Snow
Pamela N. Thuraniira

Programme de recherche KEMRI-Wellcome Trust, Nairobi, Kenya

Emanuele Giorgi

CHICAS, École de médecine de Lancaster, Université de Lancaster, Royaume-Uni

Nicholas Dellasanta
Lauren Hashiguchi
Ruth Lorimer
Caroline Lynch

École d'hygiène et de médecine tropicale de Londres (London School of Hygiene & Tropical Medicine/LSHTM), Royaume-Uni

Citation suggérée

Programme national de lutte contre le paludisme, le Centre de recherche et de formation sur le paludisme, KEMRI-Wellcome Research Trust et la London School of Hygiene & Tropical Medicine (2018). *Mali : Un profil de la lutte contre le paludisme et de l'épidémiologie*. Ministère de la santé du Mali.

Reconnaissance de financement

Le programme LINK est financé par une aide britannique du Département pour le développement international (Department for International Development/DFID), Projet de renforcement de l'utilisation des données pour la prise de décision en matière de paludisme en Afrique ; toutefois, les opinions exprimées ne reflètent pas nécessairement les politiques officielles du gouvernement britannique.

Remerciements

Nous remercions tous ceux qui ont généreusement apporté leur contribution, fourni des données non publiées, aidé à localiser les informations ou les coordonnées géographiques des données nécessaires pour compléter l'analyse du risque de paludisme au Mali et/ou fourni des commentaires sur ce rapport :

Modibo Bagayoko, Elie Bankineza, Tako Ballo, Fady Toure Cisse, Moussa Cisse, Abdoulaye Coulibaly, Drissa Coulibaly, Assitan Dembélé, Bohy Dembele, Abdoulaye Diakite, Samba Diarra, Ogobara Doumbo, Moussa Fane, Seydou Fomba, Kassoum Kayentao, Abderrahmane Kharchi, Moussa Konaré, Madina Konaté, Mahamadou Magassa, Moussa Niaré, Issaka Sagara, Belco Sidibe, Mariam Tall, Mahamadou Thera, Bassoum Toure, Aminata Traore, Daniel Traoré, Diahara Traore, Ignace Traoré, Celia Wood.

Les cartes de la prévalence géospatiale et de la couverture des interventions présentées dans ce profil ne seraient pas possibles sans le soutien généreux de ceux qui ont mené des recherches fournissant des données, partagé des données aux fins de ce modèle, effectué la gestion des données, construit des modèles et soutenu les communications et l'administration. Ces personnes sont saluées dans les lignes suivantes :

Modibo Bamadio, Sian Clarke, Assitan Dembélé, Bohy Dembele, Amadou Bailo Diallo, Diadier Diallo, Seybou Diarra, Alassane Dicko, Abdoulaye Djimde, Ogobara Doumbo, Soce Fall, Boubacar Maiga, Natalie Roschnik, Saba Rouhani, Massambou Sacko, Moussa Sacko, Issaka Sagara, Mahamadou Sissoko, Ousmane Toure, Yaya Toure, Manijeh Vafa

Programme KEMRI-Wellcome Trust/Projet LINK : David Kyalo, Joseph K. Maina, Peter M. Macharia, Emelda A. Okiro, Robert W. Snow, Pamela N. Thuraniira

CHICAS, École de médecine de Lancaster, Université de Lancaster : Emanuele Giorgi

Le contenu du calendrier de la lutte contre le paludisme sur 100 ans, présenté en partie dans ce rapport et intégralement sur une affiche présentée au PNL, a été développé en partenariat lors d'une réunion avec les membres du PNL et les partenaires qui se sont réunis en juillet 2018.

Ce rapport a été préparé par l'équipe LINK au LSHTM, le Programme de recherche KEMRI-Wellcome Trust à Nairobi (qui a rassemblé les données et effectué les analyses et la modélisation), le Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) du Ministère Malien de la Santé et de l'Hygiène Publique et le Centre de recherche et de formation sur le paludisme (Malaria Research and Training Center/MRTC). Le programme LINK reconnaît également les contributions formatives de David Schellenberg et Abdisalan Noor.

Les auteurs saluent le soutien et l'encouragement du DFID.

LINK aimerait également saluer les contributions du Dr Ogobara Doumbo du MRTC. Le Dr Ogobara est décédé lors de la compilation de ce profil et c'est avec beaucoup de chagrin qu'il n'a pas pu le mener jusqu'à son terme, en raison de ses contributions importantes à la lutte contre le paludisme à l'échelle nationale et internationale.

Table des matières

Aperçu de la carte et accès aux données	11
Résumé analytique	16
Introduction	19
1.1 Historique des données paludométriques, des cartes et des informations épidémiologiques sur la lutte contre le paludisme	19
1.2 But de ce profil.....	19
Contexte du pays	21
1.3 Emplacement et caractéristiques géographiques	21
1.4 Climat.....	22
1.5 Évolution et implications politiques et conflictuelles.....	26
1.6 Population et économie.....	27
<i>Population</i>	27
<i>Économie</i>	31
<i>Aperçu de la santé au Mali</i>	33
1.7 Administration et politiques	34
<i>Gouvernement</i>	34
<i>Système de santé</i>	37
1.8 Le paludisme au Mali.....	45
<i>Une chronologie de la lutte contre le paludisme au Mali</i>	46
<i>Plan stratégique de lutte contre le paludisme 2018-2022</i>	51
<i>Un aperçu des interventions nationales actuelles contre le paludisme</i>	51
<i>Structure et fonction du Programme national de lutte contre le paludisme</i>	56
<i>Financement de la lutte contre le paludisme</i>	56
<i>Données pertinentes pour la lutte contre le paludisme</i>	58
1.9 Résistance et réaction aux médicaments et insecticides.....	62
<i>Résistance aux médicaments</i>	62
<i>Résistance aux insecticides</i>	62
1.10 Historique de la cartographie des risques au Mali	63
Cartographie de la prévalence du paludisme à l'aide de la géostatistique basée sur des modèles	73
1.11 Assembler des données d'enquête sur le paludisme dans un seul référentiel géocodé ..	73
<i>Recherches de données</i>	73
<i>Extraction des données</i>	74
<i>Géocodage des emplacements de chaque enquête</i>	74
1.12 Approches statistiques de la cartographie des risques de localité	77
<i>Formulaire type</i>	77
1.13 Dans quelle mesure nos estimations de la prévalence du paludisme sont-elles exactes ? 80	
Profil entomologique	82
1.14 Sites d'échantillonnage des moustiques	82
1.15 Résumé du référentiel de données vectorielles sur le paludisme géocodé au Mali.....	82
1.16 Espèces identifiées	84
<i>Taxonomie</i>	88
Lutte contre les vecteurs du paludisme	93
1.17 Pulvérisations intradomiciliaires à effet rémanent.....	93
1.18 Distribution de MII et de MILD	94
<i>Distribution de MII 2000 - 2014</i>	94
<i>Distribution de MII de 2014 jusqu'à maintenant</i>	94

<i>Cartographie des MII</i>	95
Interrogation des résultats	98
1.19 Lacunes en matière de connaissances et de recherche.....	98
Annexe A : Cartographie des unités administratives de santé	99
Références	100

Tableaux

Tableau 1 Classifications de l'indice d'aridité selon le PNUE.....	25
Tableau 2 Densité démographique (habitants par km ² de superficie) du Mali et des pays voisins pour 1987, 2009 et 2016.....	30
Tableau 3 75 districts par région pour le Mali.....	37

Figures

Figure 1 Principales caractéristiques du relief, les fleuves et les lacs, et indication des principales zones urbaines (surlignées en rouge).....	22
Figure 2 Carte adaptée des zones éco-climatiques du Mali ²³	23
Figure 3 Caractère saisonnier des précipitations au Mali.....	24
Figure 4 Régions hyperarides du Mali.....	26
Figure 5 Estimations de la population au Mali, 1960 à 2015.....	28
Figure 6 Densité démographique modélisée de 2015 par 100 m ²	29
Figure 7 Pourcentage de la population totale résidant dans les zones urbaines du Mali entre 1960 et 2015 selon Perspectives de l'urbanisation mondiale : Révision de 2014 de la Division de la population des Nations Unies 2014.....	30
Figure 8 PIB (USD courants) pour la période de 2008 à 2017 au Mali ^{41,48}	32
Figure 9 75 districts du Mali dans 11 régions nominales. Les méthodes de validation et de préparation de ce chiffre sont fournies dans l'Annexe A.....	36
Figure 10 La pyramide de la prestation des services de santé au Mali.....	41
Figure 11 Emplacement des établissements de santé avec des tampons de 5 km utilisés au cours des efforts d'éradication du ver de Guinée au Mali.....	43
Figure 12 Répartition de 1 447 établissements de santé publique : 78 hôpitaux (en rouge), 1 264 centres de santé communautaires et 105 cliniques (en bleu) en 2016.....	43
Figure 13 Couverture des cibles de la CPS de 2013 à 2017, à partir des données du Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022.....	56
Figure 14 Contributions estimées pour le paludisme déclarées par le Mali, 2014 à 2016 à partir des données du Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022 (adaptées du Rapport mondial sur le paludisme) ⁹¹	57
Figure 15 Affectation du budget du PNLN (adaptée du budget du Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme pour 2018-2022).....	58
Figure 16 Carte des saisons climatiques du paludisme ARMA.....	65
Figure 17 Carte des risques de paludisme au Mali en 2000, prédits en utilisant une approche de régression et de krigeage ¹⁰⁴	66
Figure 18 Carte des zones à risque de paludisme au Mali développée en utilisant une combinaison semi-quantitative des zones climatiques, de la prévalence des infections et de la durée de la saison de transmission.....	67
Figure 19 La prévalence prédite des taux de parasites de <i>P. falciparum</i> chez les enfants âgés de deux à dix ans en Afrique de l'Ouest a anticipé l'utilisation de 450 enquêtes sur des parasites, avec un échantillon minimum de 50 personnes examinées entre 1970 et 2001 ¹⁰⁶	68
Figure 20 Préviation spatiale du taux annuel moyen d'inoculation entomologique au Mali à partir de 164 données d'enquête, dans 147 emplacements de 1965 à 1998, collectées par l'ARMA. La carte ne montre pas la plupart des régions du nord qui coïncident avec le désert du Sahara ¹⁰⁷	68
Figure 21 La prédiction spatiale des taux de parasites spécifiques à l'âge au Mali est issue d'une conversion de l'EIR à l'aide d'un modèle mathématique. Les cartes ne montrent pas la plupart des régions du nord qui coïncident avec le désert du Sahara ¹⁰⁷	69

Figure 22 Prévision spatiale des taux de parasites chez les enfants âgés de 1 à 10 ans au Mali, à partir de 89 points de données de 1977 à 1995. La carte ne montre pas la plupart des régions du nord qui coïncident avec le désert du Sahara ¹⁰⁹	70
Figure 23 Strates du paludisme basées sur la prévalence du parasite chez les enfants de moins de cinq ans, interrogés lors des enquêtes nationales auprès des ménages de 2010 et de 2013 ¹¹⁰	71
Figure 24 PfPR ₂₋₁₀ de 1939 selon la population ajustée par district sanitaire (n = 60) au Mali en 2000 (en haut à gauche) ; 2010 (en haut à droite) ; et 2013 (en bas).....	72
Figure 25 Fréquence des enquêtes portant sur <i>P. falciparum</i> au Mali entre 2000 et 2016	76
Figure 26 Les taux d'infection de <i>P. falciparum</i> après correction de l'âge à 853 emplacements uniques affichant les valeurs les plus élevées en haut parmi 971 enquêtes de 2000 à 2016 (à gauche) et les valeurs les plus faibles en haut (à droite)	76
Figure 27 Les taux d'infection de <i>P. falciparum</i> après correction de l'âge à 853 emplacements uniques affichant les valeurs les plus élevées en haut parmi 971 enquêtes de 2000 à 2016 (à gauche) et les valeurs les plus faibles en haut (à droite), les districts ne disposant pas de données suffisantes pour la cartographie étant indiqués	77
Figure 28 Les taux d'infection de <i>P. falciparum</i> après correction de l'âge à 853 emplacements uniques indiquant les années utilisées pour faire des prévisions à des fins de cartographie, 2012-2013 à gauche et 2015 à droite	77
Figure 29 Estimations continues prévues de PfPR ₂₋₁₀ pour le Mali en 2012 (à gauche) et en 2015 (à droite), allant de la prévalence faible (jaune) à la prévalence élevée (rouge) en passant par celle intermédiaire (bleu). Les masques gris indiquent des zones incapables de supporter une transmission stable ou des zones avec des données insuffisantes.....	79
Figure 30 Quantités moyennes prévues regroupées de PfPR ₂₋₁₀ dans 75 districts en 2012 et 2015 : > 0 - 10 %, > 10 - 50 %, > 50 - 75 % et > 75 - 100 %.....	79
Figure 31 Probabilité selon laquelle PfPR ₂₋₁₀ est ≤ 10 % et ≥ 50 % par district sanitaire	81
Figure 32 Répartition de 446 emplacements d'enquêtes sur les anophèles échantillonnés entre 1906 et 2014 (82 emplacements rouges sont des sites échantillonnés entre 2005 et 2014, 364 emplacements verts sont des échantillonnés avant 2005)	84
Figure 33 Répartition de <i>An. gambiae</i> s.l. documenté (n=407).....	85
Figure 34 Répartition de <i>An. funestus</i> s.l. documenté (n=173)	85
Figure 35 Répartition des membres du complexe <i>An. gambiae</i>	86
Figure 36 Emplacement des membres du groupe <i>An. funestus</i> et du groupe <i>An. coustani</i>	87
Figure 37 Répartition de <i>An. nili</i> s.l. documenté (n=36)	87
Figure 38 Localisation d'autres vecteurs secondaires potentiels	88
Figure 39 Identification des espèces enregistrées dans toutes les enquêtes par région.....	92
Figure 40 Pourcentage de ménages ayant au moins une MII pour deux personnes en 2010, 2012/2013 et 2015	96
Figure 41 Pourcentage de ménages dormant sous une MII en 2010, 2012/2013 et 2015	97

Abréviations

ACT	Polythérapies à base d'artémisinine
IA	Indice d'aridité
AL	Artéméther-luméfantrine
ANC	Soins prénatals
AQ	Amodiaquine
AS	Artésunate
ASACO	Association de Santé Communautaire
ASC	Agents de Santé Communautaires
CQ	Chloroquine
CREDD	Cadre de Relance Économique pour le Développement Durable
CSCOM	Centre de Santé Communautaire
CSCR	Cadre Stratégique pour la Croissance et la Réduction de la Pauvreté
CSREF	Centre de Santé de Référence
DDT	Dichloro-diphényl-trichloroéthane
DESAM	Développement Sanitaire du Mali
DFID	Département pour le développement international
DHIS 2	Système d'information sur la santé du district 2
EDS	Enquête démographique et sanitaire
DNS	Direction Nationale de la Santé
DPM	Direction de la Pharmacie et du Médicament
DRS	Directions régionales de la santé
CEDEAO	Communauté Économique des États de l'Afrique de l'Ouest
EIR	Taux d'inoculation entomologique
EP	Probabilité de dépassement
EVI	Indice de végétation amélioré
FEMATH	Fédération Malienne des Associations des Tradithérapeutes et Herboristes
PIB	Produit Intérieur Brut
GTFAM	Fonds mondial de lutte contre le sida, la tuberculose et le paludisme
SIG	Systèmes d'information géographique
GMEP	Programme mondial d'éradication du paludisme
GPS	Système mondial de localisation
GPSP	Groupe Pivot de Santé et Population
SIS	Système d'information sanitaire
VIH/SIDA	Virus de l'immunodéficience Humaine/Syndrome d'immunodéficience Acquise
iCCM	Gestion intégrée des cas dans la communauté
IDP	Déplacés internes
FMI	Fonds monétaire international
INLA	Approximations intégrées de Laplace imbriquées

IPTc	Thérapie préventive intermittente chez l'enfant
TPIg	Thérapie préventive intermittente pendant la grossesse
PID	Pulvérisations intradomiciliaires à effet rémanent
ZCIT	Zone de convergence intertropicale
MII	Moustiquaire imprégnée d'insecticide
KDR	Résistance à l'inactivation
KWTRP	Programme KEMRI-Wellcome Trust
LAMP	Amplification isotherme induite par la boucle
MILD	Moustiquaires imprégnées d'insecticide de longue durée
LSHTM	École d'hygiène et de médecine tropicale de Londres (London School of Hygiene & Tropical Medicine/LSHTM)
S&E	Suivi et évaluation
VAM	Valeurs annuelles moyennes
PAM	Précipitation annuelle moyenne
ARMA	Atlas des risques de malaria en Afrique
MBG	Géostatistique basée sur des modèles
OMD	Objectifs du millénaire pour le développement
MINUSMA	Mission multidimensionnelle intégrée pour la stabilisation au Mali
MIS	Enquête sur les indicateurs du paludisme
MNLA	Mouvement national de libération de l'Azawad
MPR	Examen de la performance du programme de lutte contre le paludisme
MRTC	Centre de recherche et de formation sur le paludisme
MSF	Médecins Sans Frontières
NEP	Probabilité de non-dépassement
NGenIRS	Pulvérisations intradomiciliaires à effet rémanent de prochaine génération
ONG	Organisation non-gouvernementale
NIH	Instituts nationaux de la santé (National Institutes of Health)
NMS	Stratégie nationale de lutte contre le paludisme
NTD	Neglected Tropical Disease (Maladie tropicale négligée)
APD	Aide publique au développement
OSPSanté	Outil de Suivi des Produits de Santé
PAR	Populations à risque
ACP	Amplification en chaîne par polymérase
PET	Évapotranspiration potentielle mondiale
PMI	Initiative présidentielle pour lutter contre le paludisme
PNLP	Programme National de Lutte contre le Paludisme
PPM	Pharmacie Populaire du Mali

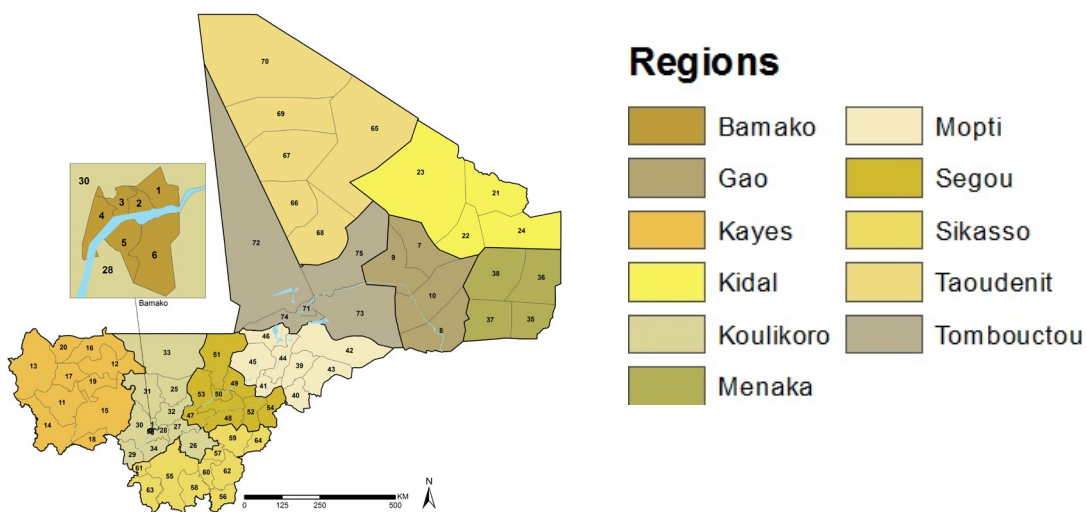
PPN	Politique Pharmaceutique Nationale
PPA	Parité de pouvoir d'achat
PDDSS	Plan Décennal de Développement Sanitaire et Social
PRODESS	Programme quinquennal de Développement Sanitaire et Social
PSI	Population Services International
RA	Rayonnement extra-terrestre mensuel moyen
RBM	Faire reculer le paludisme (Roll Back Malaria)
TDR	Test de Diagnostic Rapide
RTA	Reports Trimestriels d'Activités
SAE	Estimation sur petits domaines
SDADME	Schéma Directeur d'Approvisionnement et de Distribution des Médicaments Essentiels
ODD	Objectifs de développement durable
SIAPS	Système pour améliorer l'accès aux produits et services pharmaceutiques
SIMR	Système de Surveillance Intégrée des Maladies et de la Riposte
SLIS	Système Local d'Information Sanitaire
CPS	Chimioprévention du paludisme saisonnier
SP	Sulfadoxine-pyriméthamine
SPDE	Équations différentielles partielles stochastiques
TD	Plage de température moyenne mensuelle
TES	Etude d'efficacité thérapeutique
TSI	Indice d'adaptabilité à la température
ONU	Organisation des Nations Unies
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement
USAID	Agence des États-Unis pour le développement international
UEMOA	Union économique et monétaire ouest-africaine
OMS	Organisation mondiale de la santé
OMS	Bureau régional de l'Organisation mondiale de la santé pour l'Afrique
AFRO	
WHOPES	Système d'évaluation des pesticides de l'Organisation mondiale de la santé

Aperçu de la carte et accès aux données

Ce profil représente des données sur le risque et la lutte contre le paludisme au Mali en utilisant une série de cartes, servant de mise à jour pour un profil généré en 2014. Les cartes clés sont présentées ci-dessous avec plus de détails dans le rapport.

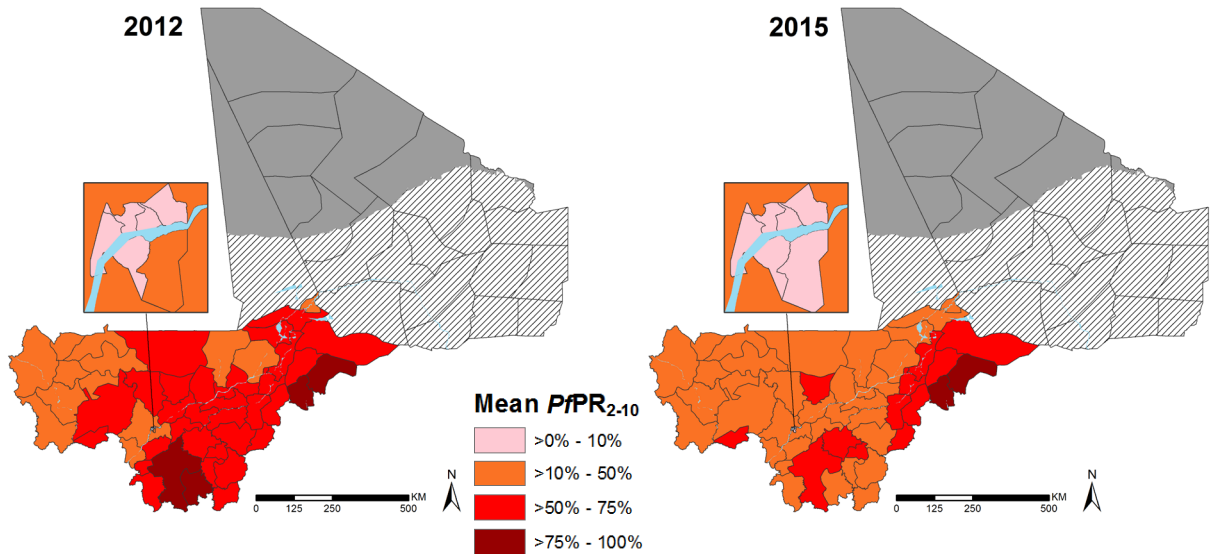
Toutes les données et cartes utilisées pour la génération de ce profil ont été partagées avec le PNLP sur des lecteurs de disque. Le PNLP doit être consulté si d'autres références portent un certain intérêt.

75 districts sanitaires du Mali dans 11 régions nominales

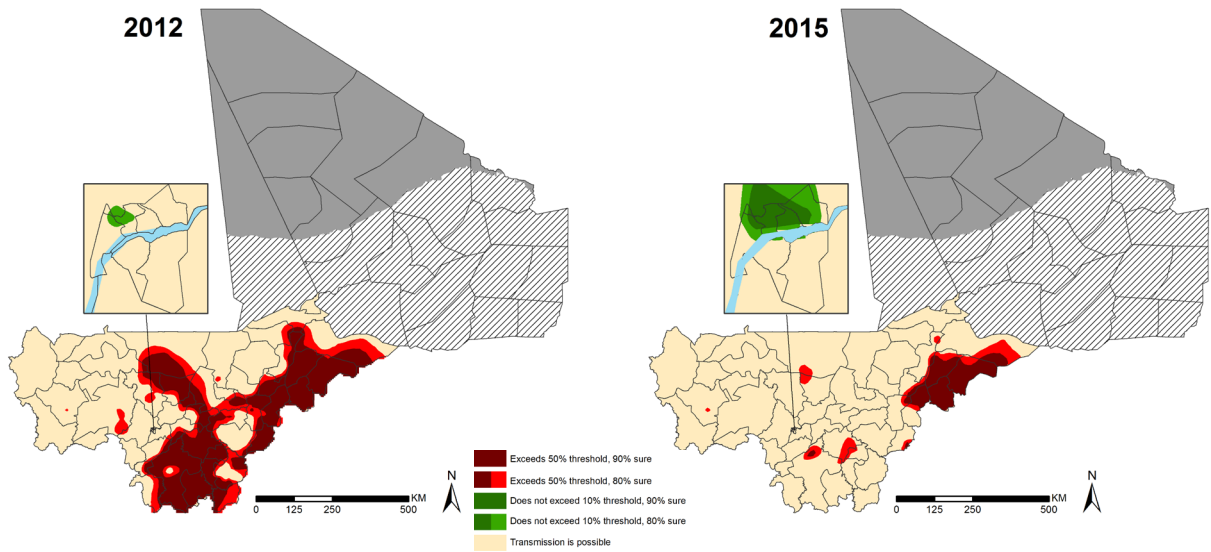


Région	District	Code de correspondance				
Bamako	Commune I	1	Mopti	Tidermène	38	
	Commune II	2		Bandiagara	39	
	Commune III	3		Bankass	40	
	Commune IV	4		Djenné	41	
	Commune V	5		Douentza	42	
	Commune VI	6		Koro	43	
Gao	Almoustrat	7		Mopti	44	
	Ansongo	8		Tenenkou	45	
	Bourem	9		Youwarou	46	
Kayes	Gao	10		Ségou	Baraoueli	47
	Bafoulabe	11	Bla		48	
	Diema	12	Macina		49	
	Kayes	13	Markala		50	
	Kenieba	14	Niono		51	
	Kita	15	San		52	
	Nioro	16	Ségou		53	
	Oussoubidiagnan	17	Tominian		54	
	Sagabari	18	Sikasso		Bougouni	55
	Sefeto	19			Kadiolo	56
Yélimané	20	Kignan		57		
Kidal	Abeibara	21		Kolondiéba	58	
	Kidal	22		Koutiala	59	
	Tessalit	23		Niéna	60	
	Tin-essako	24		Sélingué	61	
Koulikoro	Banamba	25		Sikasso	62	
	Dioila	26		Yanfolila	63	
	Fana	27		Yorosso	64	
	Kalaban Coro	28	Taoudénit	Achouratt	65	
	Kangaba	29		Al-ourche	66	
	Kati	30		Araouane	67	
	Kolokani	31		Boujbeha	68	
	Koulikoro	32		Foum-elba	69	
	Nara	33	Taoudénit	70		
Ouelessebougou	34	Tombouctou	Dire	71		
Ménaka	Andéranboukane		35	Goundam	72	
	Inekar		36	Gourma-rharous	73	
	Ménaka		37	Niafunké	74	
			Tombouctou	75		

PfPR₂₋₁₀ moyen des districts de santé en 2012 et en 2015

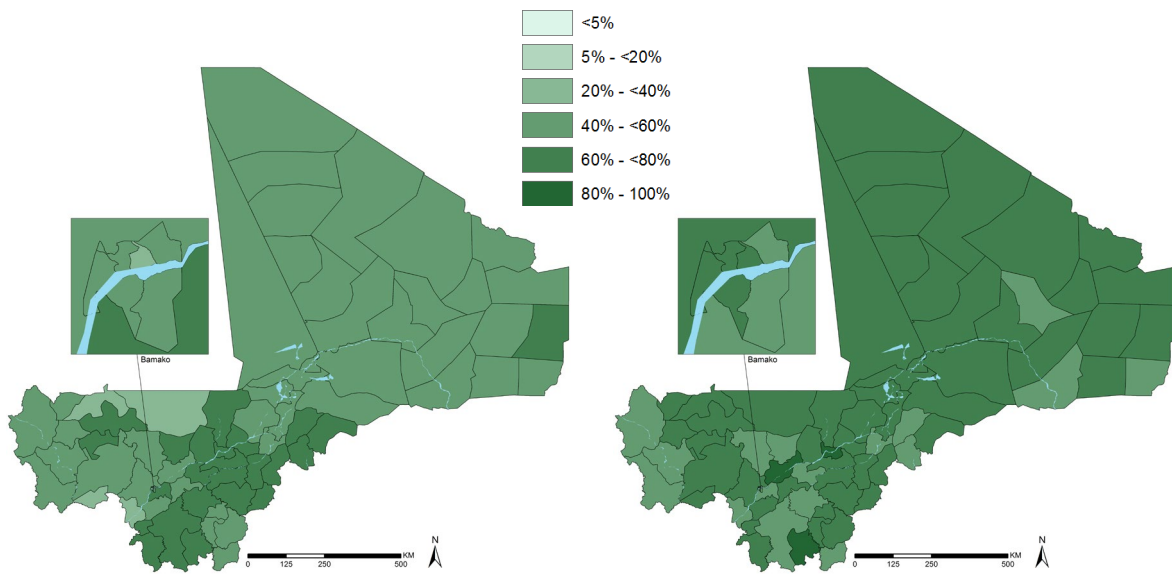


Probabilité selon laquelle PfPR₂₋₁₀ est $\leq 10\%$ et $\geq 50\%$ par district sanitaire



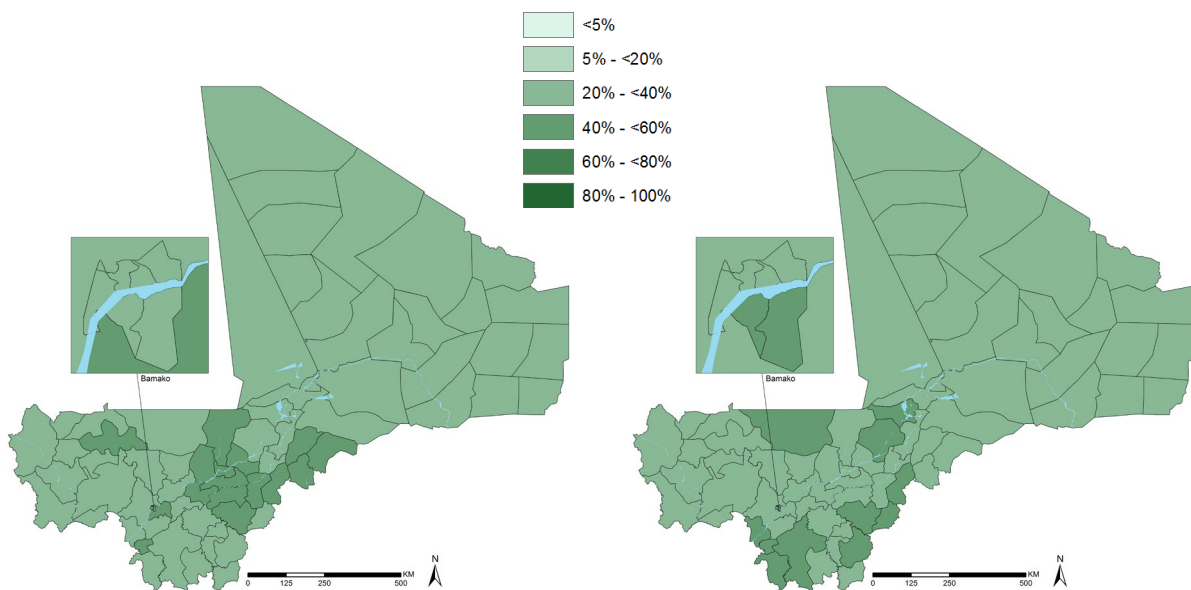
Proportion de la population dormant sous une MII en 2012/13

Proportion de la population dormant sous une MII en 2015

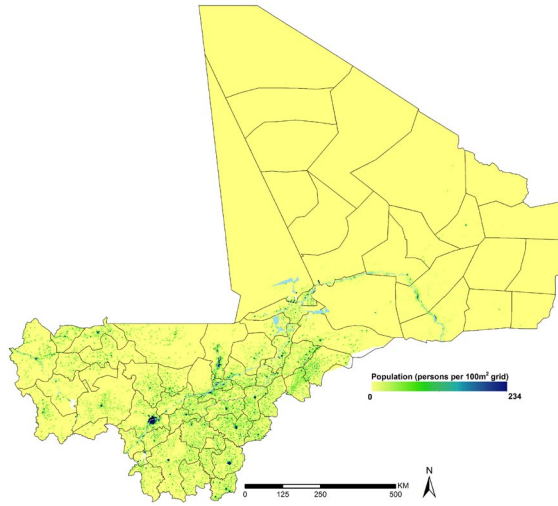


Proportion de ménages avec au moins une MII pour deux personnes en 2012/13

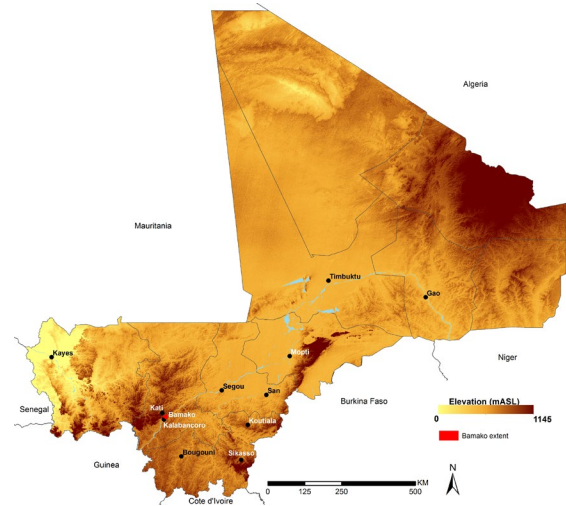
Proportion de ménages avec au moins une MII pour deux personnes en 2015



Densité démographique modélisée de 2015 par 100 m²



Principales caractéristiques du relief, fleuves, lacs et zones urbaines (rouge)



Résumé analytique

Ce profil épidémiologique résulte d'une collaboration entre le Programme national de lutte contre le paludisme (PNLP), les partenaires du PNL, le Bureau régional de l'OMS pour l'Afrique (OMS AFRO) et le programme LINK (London School of Hygiene and Tropical Medicine [LSHTM] et le programme de recherche KEMRI-Wellcome Trust [KWTRP]). Le profil a été développé pour aider les acteurs de la lutte contre le paludisme au niveau national et du district, à aligner les données les plus récentes au sujet du fardeau du paludisme et de la couverture des interventions sur les efforts visant à améliorer les interventions de réduction fondées sur des preuves, conformément au Plan stratégique malien de lutte contre le paludisme (National Malaria Strategic Plan) 2018-2022.

Ce rapport s'appuie sur les travaux réalisés en 2014 par le KWTRP pour développer un profil épidémiologique du paludisme au niveau des districts. Depuis la publication du rapport, les frontières administratives ont changé et les conflits dans la région du nord du pays ont entravé les efforts de surveillance et de contrôle. Parallèlement, de nouvelles sources de données sont devenues disponibles, à savoir une Enquête nationale sur les indicateurs du paludisme (Malaria Indicator Survey/MIS) en 2015. La MIS est conçue pour fournir des résultats extrêmement précis aux niveaux régional et national. Cependant, les estimations au niveau du district sont les mieux adaptées à la planification nationale. Par conséquent, nous appliquons des techniques géospatiales basées sur des modèles, afin d'obtenir des estimations au niveau du district à partir des données disponibles dans des enquêtes représentatives à l'échelle nationale et des études de prévalence plus petites.

Ce rapport met à jour les données nationales définies spatialement sur la prévalence du parasite du paludisme, la présence d'espèces vectrices, l'établissement des populations humaines, la localisation des services de santé et la couverture de la lutte antivectorielle. Les bases de données mises à jour pour ce profil sont la propriété du PNL et du Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique, dans le cadre d'un référentiel national de données. À l'aide de méthodes géo-statistiques basées sur des modèles (MBG), ce rapport présente des cartes mises à jour des risques de paludisme au Mali, depuis la publication du premier profil épidémiologique en 2014. Les cartes sont basées sur la prévalence parasitaire chez les enfants âgés de 2 à 10 ans ($PfPR_{2-10}$) et sont transformées en estimations de risques ajustées en fonction de la population des districts, afin d'examiner le fardeau et les changements au fil du temps dans 75 districts de santé pour appuyer la planification et l'allocation des ressources. Les cartes comprennent les deux nouvelles régions administratives de Taoudénit et Ménaka, officiellement reconnues par le Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique au moment de la modélisation. De plus, les cartes de ce profil n'intègrent pas largement les données des enquêtes démographiques et sanitaires (EDS). Cependant, le PNL peut mettre à jour à l'avenir ces cartes dans le pays, notamment avec l'EDS standard réalisée en 2018.

La transmission du paludisme au Mali est soumise à des variations extrêmes dues aux conditions éco-climatiques, notamment entre le nord et le sud. Dans les régions du désert saharien du nord (ainsi que Nara, Nioro, Diéma, Yélimané et Kayes), la transmission dépend des précipitations et est davantage sujette à des épidémies en

raison de contraintes de conditions arides, toutes les classes d'âge étant considérées à risque de paludisme grave.¹ La zone soudano-guinéenne est sujette à une transmission saisonnière de six mois ou plus, tandis que la zone sahélienne, par contraste, présente une transmission saisonnière de trois mois ou moins.¹

Plasmodium falciparum est responsable de la majorité des cas de paludisme au Mali (95 %), suivi par *P. malariae*, *P. ovale* et *P. vivax*.¹⁻³ *P. vivax* a été plus récemment identifié à Bandiagara, Gao, Tombouctou et Kidal.^{1,4} Les principaux vecteurs responsables de la transmission au Mali sont les suivants : le complexe *Anopheles gambiae* et le groupe *An. funestus*.¹ La distribution de ces vecteurs dépend fortement des variations spatiales et temporelles, *An. funestus* étant abondant pendant la saison froide et sèche, *An. gambiae* pendant la saison des pluies dans les ruisseaux voisins de la savane sud-soudanienne et *An. coluzzii* couvrant pratiquement tout le Mali.^{3,5-7}

Le Mali fait de grands progrès dans la lutte contre le paludisme. Les principales activités d'intervention comprennent des campagnes universelles de couverture des Moustiquaires imprégnées d'insecticide de longue durée (MILD), des Pulvérisations intradomiciliaires à effet rémanent (PID), une gestion intégrée des vecteurs, une intensification de la Chimio-prévention du paludisme saisonnier (CPS) et des soins essentiels améliorés au niveau communautaire à travers la gestion des cas par des agents de santé et des formations d'agents de santé.¹ Malheureusement, le conflit en cours remet en cause les efforts du PNLP et des partenaires dans la prestation des interventions et la collecte de données.

Le nombre de MILD distribuées aux femmes enceintes et aux enfants de moins de cinq ans a considérablement augmenté entre 2011 et 2016 au Mali, passant de 531 791 à 952 860, respectivement. En ce qui concerne leur utilisation, la MIS de 2015 a révélé que 39 % des ménages avaient au moins une MILD pour deux personnes et que 68 % de toutes les personnes à risque dormaient sous une MILD la nuit précédant l'enquête. La couverture des PID est passée de deux districts en 2015 à quatre districts de la région de Mopti en 2017, ciblant près de 650 000 personnes. Lors de la publication du Plan stratégique de lutte contre le paludisme 2018–2022, 90 % de la population à risque dans les zones ciblées étaient protégés par les PID au cours des 12 mois précédents. La couverture de la CPS est passée de 343 752 enfants dans cinq districts en 2013 à 3 906 696 enfants dans tous les districts en 2017. Les nouveaux objectifs visent à fournir une couverture de 90 % aux enfants de trois à 59 mois, avec une combinaison de sulfadoxine-pyriméthamine (SP) et d'amodiaquine (AQ) d'ici 2022 via la CPS. Le PNLP et les organisations partenaires effectuent une surveillance entomologique continue dans 15 sites sentinelles partout au Mali.

Le Plan Stratégique actuel de Lutte contre le Paludisme 2018–2022 vise à réduire l'incidence du paludisme et du taux de mortalité lié au paludisme d'au moins 50 % d'ici 2022 par rapport à 2015, ainsi qu'à complètement éradiquer le paludisme d'ici 2030. Pour atteindre ces objectifs, le PNLP cherche actuellement à cibler les interventions sur la base des caractéristiques épidémiologiques, à maintenir l'accès à des interventions de qualité, à améliorer les capacités de coordination et de gestion, à renforcer les partenariats, à contribuer à la viabilité du système de santé et à promouvoir les interventions de surveillance du paludisme.¹

Les cartes géospatiales présentées dans ce profil, parallèlement aux cartes de couverture des MILD représentées de façon géospatiale, peuvent aider le PNLP à identifier des cibles infranationales pour les interventions visant à promouvoir les progrès vers ses cibles de 2022 et au-delà.

Introduction

1.1 Historique des données paludométriques, des cartes et des informations épidémiologiques sur la lutte contre le paludisme

L'utilisation de données d'enquête, de cartes et d'informations épidémiologiques était une caractéristique courante de la planification de la lutte dans la plupart des pays africains, au cours de l'ère du Programme mondial d'éradication du paludisme (GMEP) du milieu des années 1950. Les données comprenaient des descriptions épidémiologiques de la transmission, des vecteurs, de la topographie et du climat. Il y a plus de 50 ans, la prévalence de l'infection chez les enfants âgés de deux à dix ans (*PfPR*₂₋₁₀) a été reconnue comme une source importante de données de planification et a été utilisée pour définir des catégories de risque endémique. Cette catégorisation du risque endémique a été utilisée pour guider et suivre les progrès vers les cibles d'élimination du paludisme.

L'art et les compétences, nécessaires pour concevoir des programmes de lutte contre le paludisme fondés sur une compréhension de l'épidémiologie spatiale, ont été perdus dans les années 1970 lorsque le programme de lutte contre le paludisme relevait d'un mandat de soins primaires intégrés moins spécialisés et axés sur la gestion des fièvres.

En 1996, un appel renouvelé a été lancé en faveur d'une meilleure cartographie du paludisme afin de guider la lutte contre le paludisme en Afrique.^{8,9} Au cours de la dernière décennie, les données spatiales sur le paludisme et les populations ont énormément augmenté, ce que les paludologues et les gestionnaires de programmes de lutte n'avaient pas mis à leur disposition il y a 60 ans. La croissance des données s'est accompagnée du développement d'approches statistiques pour modéliser et cartographier les risques, ainsi que l'accès à l'intervention dans l'espace et dans le temps en utilisant les MBG.¹⁰

Lors du lancement du partenariat Roll Back Malaria (RBM) en 1998, des appels ont été lancés pour une couverture universelle de toutes les interventions disponibles en réponse à l'épidémie qui a touché la majeure partie de l'Afrique subsaharienne au cours de cette période.^{11,12} Dix ans plus tard, la communauté internationale des donateurs est limitée par la crise financière mondiale. L'accès à l'Aide publique au développement (APD) et l'utilisation d'un financement interne national limité pour lutter contre le paludisme exigent désormais une analyse de rentabilisation beaucoup plus solide et fondée sur des preuves. Ces futures analyses de rentabilisation doivent s'appuyer sur les meilleures données épidémiologiques possibles pour prédire l'impact probable des interventions futures, évaluer l'impact de l'investissement actuel et, tout aussi important, démontrer ce qui pourrait arriver si la couverture des financements et des interventions diminuait.

1.2 But de ce profil

Ce profil a été développé pour soutenir la planification au niveau national, à travers l'assemblage d'une base de données épidémiologiques nécessaire à une approche plus ciblée de la lutte antipaludique au Mali. Ce rapport s'appuie sur un profil antérieur

produit en 2014 par INFORM (KEMRI-Wellcome Trust), qui cherchait à développer un profil épidémiologique du paludisme au niveau des districts. L'analyse de 2014 a permis de décrire le risque de paludisme sur la base des données de prévalence parasitaire au Mali, en prédisant jusqu'à la période la plus récente pour laquelle la majorité des données étaient disponibles.

En 2011, l'OMS AFRO a élaboré un manuel pour aider les pays à élaborer leurs stratégies nationales de lutte contre le paludisme (NMS), notamment, comme prélude, la réalisation d'un Examen de la performance du programme de lutte contre le paludisme (MPR). Il est recommandé que le MPR inclue un examen détaillé de l'épidémiologie et de la stratification du paludisme, y compris la répartition géographique du fardeau du paludisme, de la prévalence du parasite et des espèces de parasites.

Le MPR entrepris au Mali en 2011 indique que « le renforcement de la lutte contre le paludisme repose en partie sur une meilleure description de l'épidémiologie (zones de transmission et stratification et collecte de données fiables sur la morbidité et la mortalité) ». ¹³ Le PNLP a plus récemment élaboré sa stratégie nationale de lutte contre le paludisme de 2018 à 2022, à la suite d'un examen à mi-parcours du plan de 2013 à 2017 en mars 2016, et d'un examen final en janvier et février 2018. La nouvelle stratégie se veut plus proche du Programme quinquennal de Développement Sanitaire et Social (PRODESS), du Plan Décennal de Développement Sanitaire et Social (PDDSS), du Cadre de Relance Économique pour le Développement Durable (CREDD) et des Objectifs de développement durable (ODD). ¹

Suite à la publication du profil précédent en 2013, le fardeau et la gestion du paludisme au Mali ont changé. ¹⁴ Cela est largement attribuable à la mise en œuvre d'interventions, à l'évolution du paysage politique, au financement et aux fluctuations démographiques. Parallèlement, de nouvelles sources de données sont devenues disponibles, y compris une MIS en 2015.

Ce profil épidémiologique actualisé comprend les dernières preuves du risque de transmission du parasite. Le risque est décrit au niveau des districts sanitaires du Mali, en fournissant des données à une unité très utile pour cibler le contrôle infranational en vue de la réalisation des objectifs du plan stratégique national de lutte contre le paludisme. Ce qui est important, c'est que ce travail est destiné à soutenir la planification stratégique du PNLP et les efforts de suivi et d'évaluation (S&E) en cours.

Contexte du pays

1.3 Emplacement et caractéristiques géographiques

Jusqu'à la dissolution de la Fédération du Mali avec le Sénégal en 1960, la République du Mali faisait partie de l'Empire du Mali de 1312 à 1337 et du Soudan français de 1982 à 1959. Le Mali est situé dans l'hémisphère nord de l'Afrique de l'Ouest. C'est un pays enclavé ayant des frontières avec la Guinée et le Sénégal au sud-ouest ; la Côte d'Ivoire au sud ; le Burkina Faso et le Niger au sud-est ; l'Algérie au nord ; et la Mauritanie à l'ouest. Le Mali est le 25^e plus grand pays du monde et le 8^e plus grand d'Afrique, avec une superficie de 1 241 238 km².¹⁵ Bamako, la capitale du Mali, est située au sud-ouest du pays.

Le terrain du Mali est considéré comme essentiellement plat et comprend des plaines sablonneuses vallonnées au nord, des collines accidentées au nord-est et la savane au sud.¹⁵ L'altitude moyenne du pays est de 343 m au-dessus du niveau de la mer. Le point le plus bas du pays (le fleuve Sénégal) se situe à 23 m au-dessus du niveau de la mer, tandis que le plus haut (Hombori Tondo) se situe à 1 155 m au-dessus du niveau de la mer.¹⁵ Parmi les autres caractéristiques du relief, citons les contreforts du Fouta Djallon, le mont Manding (734 m au-dessus du niveau de la mer) et les montagnes de bambous au sud-ouest et à l'ouest ; l'Adrar des Iforas s'étendant jusqu'au massif saharien du Hoggar (850 m d'altitude) dans l'extrême nord ; et le massif de Kéné Dougou (800 m au-dessus du niveau de la mer) au sud-est.¹⁶

Les deux principales régions géologiques du pays sont Kenieba et Bougouni.¹⁷ La région de Kenieba se situe au sud de Kayes et borde le Sénégal, y compris l'escarpement de Tamaoura à 500 m au-dessus du niveau de la mer à l'est.¹⁷ Bougouni est définie comme la région frontalière de la Côte d'Ivoire et de la Guinée au sud, y compris Bagoé, Bougouni-Keikoro, Yanfoliba et Kangaba.¹⁷

Au nord du pays se trouve le territoire en conflit appelé Azawad. Il s'agit d'un ancien État non reconnu constitué des régions de Tombouctou, Kidal, Gao et Mopti, et qui représente environ 60 % de la superficie totale du Mali. Le Mouvement national pour la libération de l'Azawad (MNLA) a déclaré son indépendance suite à l'expulsion de l'armée malienne de la région par des rebelles touaregs en 2012.^{18,19}

Les principales caractéristiques de drainage au Mali sont le fleuve Sénégal et le fleuve Niger. Le fleuve Sénégal est constitué en grande partie de la rivière Bafing et de la rivière Bakoye, se joignant à Bafoulabé.²⁰ Le fleuve Sénégal coule vers le nord-ouest au Mali autour du plateau de Mandingue sur environ 670 km, en passant également par le Sénégal et la Mauritanie depuis l'océan Atlantique.²⁰ Le fleuve Niger traverse le Mali sur environ deux cinquièmes (1 693 km) de toute sa longueur en direction nord-est à travers le plateau de Mandingue, rejoignant la rivière Bani et formant finalement un delta intérieur avant de se ramifier et de constituer la boucle caractéristique du fleuve Niger au sud-est à Bourem vers le Niger.²⁰ Le fleuve Niger est la principale source d'eau pour la consommation domestique, l'agriculture, l'irrigation et le transport des populations riveraines, qualifiée de « élément vital du Mali ». ^{20,21}

Les principales caractéristiques du relief, les fleuves, les lacs et les principales zones urbaines sont représentées dans **Error! Reference source not found.**¹ Les principales zones urbaines indiquées sur la carte sont toutes les villes de plus de 50 000 habitants selon le recensement de la population et du logement de 2009.²² Ce sont (par ordre de taille de la population) : Bamako, Sikasso, Koutiala, Ségou, Kayes, Mopti, Kalabancoro, Gao, Kati, San, Bougouni et Tombouctou.

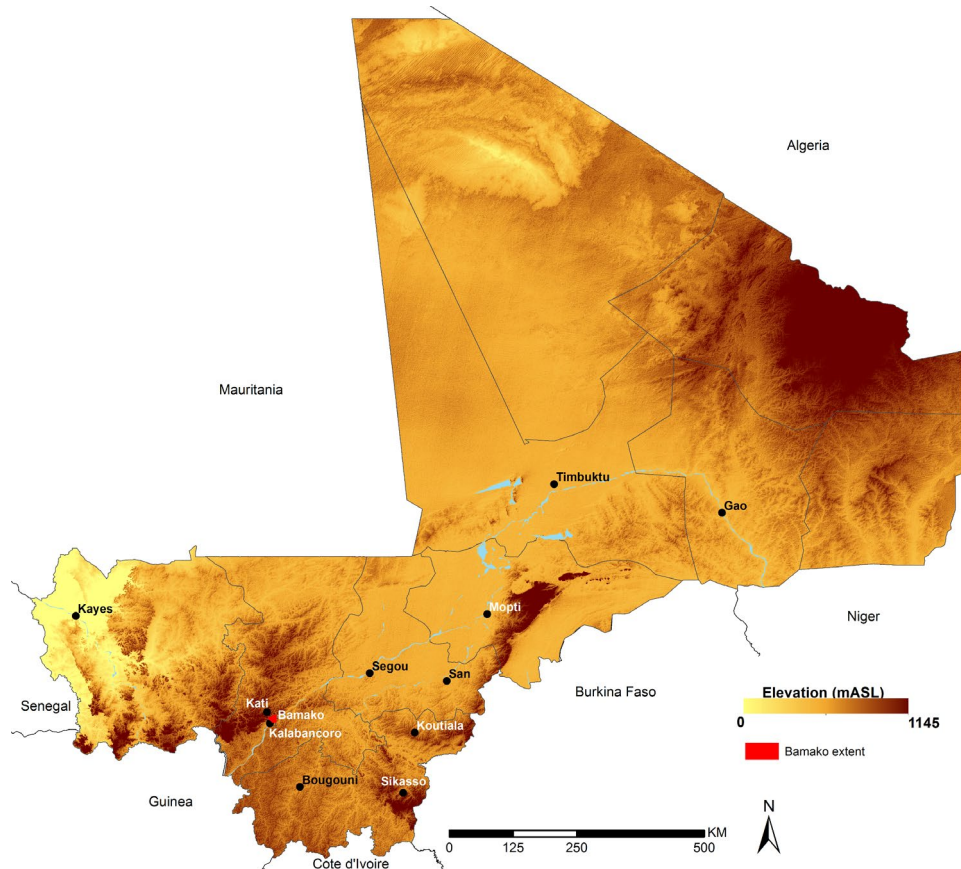


Figure 1 Principales caractéristiques du relief, les fleuves et les lacs, et indication des principales zones urbaines (surlignées en rouge)

1.4 Climat

Les saisons du Mali sont notamment la saison chaude et sèche de février à juin ; la saison pluvieuse, humide et douce de juin à novembre ; et la saison fraîche et sèche de novembre à février.¹⁵ Les quatre zones climatiques du pays comprennent les zones essentiellement agricoles soudanaises et guinéennes au sud et les zones semi-arides sahéliennes et arides sahariennes au nord. La majorité de la topographie du pays (65 %) est composée de conditions désertiques ou semi-désertiques.²¹ Les zones éco-climatiques peuvent être visualisées dans **Error! Reference source not found.**

¹ Le modèle numérique altimétrique du Mali utilisé est le radiomètre spatial perfectionné pour la mesure de la réflectance et des émissions thermiques terrestres (ASTER) à résolution de 30 m, Modèle numérique altimétrique mondial Version 2 (GDEM V2), accessible sur le site Web (<https://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>) le 16/03/18.

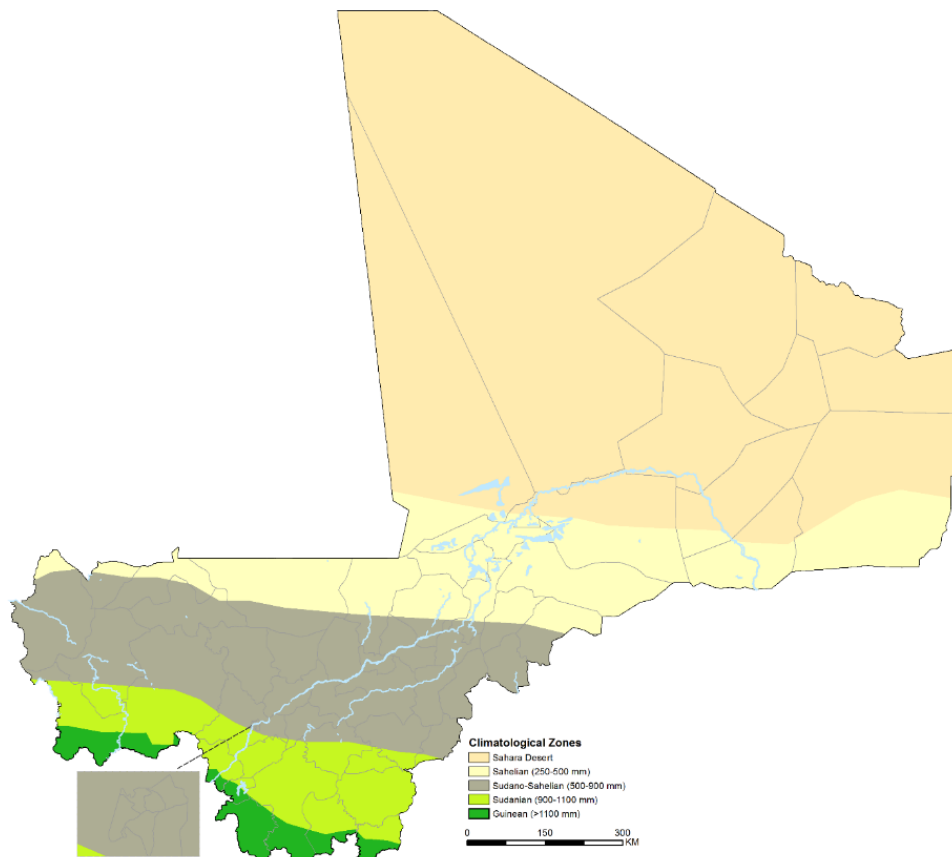


Figure 2 Carte adaptée des zones éco-climatiques du Mali²³

Les fluctuations annuelles des oscillations latitudinales dans la zone de convergence intertropicale (ZCIT) entraînent d'importantes variations interannuelles des précipitations.²⁴ En position nord, généralement de juin à octobre, la ZCIT amène des pluies de 300 mm par mois en moyenne au sud, alors qu'il n'y a guère de pluie de novembre à mars.^{23,24} Par conséquent, le Mali est sujet à de fréquentes sécheresses.²⁴

Les estimations quotidiennes des précipitations, à partir des données des Estimations des précipitations africaines Version 2 (RFE 2.0) de 2002 à 2009, ont été ré-échantillonnées à une résolution spatiale de 1 x 1 km et utilisées pour identifier les zones saisonnières. Dans chaque district sanitaire, la proportion de la population, qui se trouvait dans une zone où $\geq 60\%$ des précipitations sont survenues au cours de trois mois consécutifs, a été calculée. Les districts sanitaires ont été identifiés comme saisonniers, si 80 % de la population vivaient dans des zones où $\geq 60\%$ des précipitations sont survenues au cours de trois mois consécutifs, et sont cartographiés dans **Error! Reference source not found.**²⁵ C'était une réplique des méthodes développées par Cairns et al.²⁶

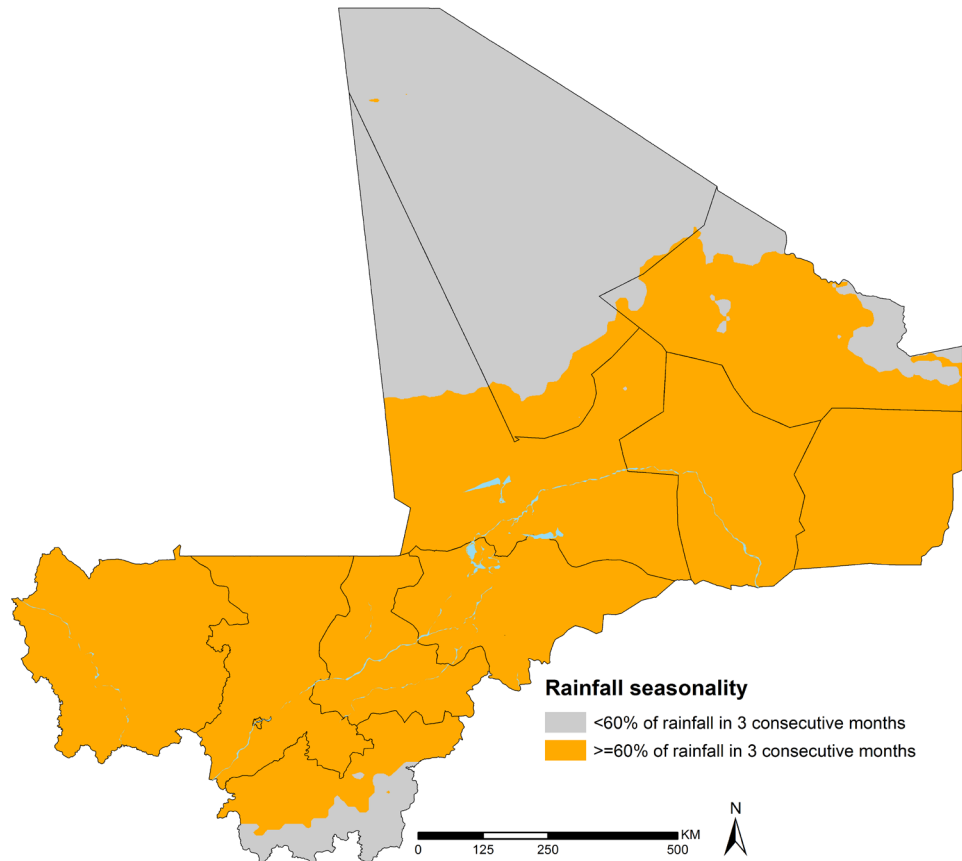


Figure 3 Caractère saisonnier des précipitations au Mali

La température moyenne au Mali se situe entre 27 et 30 °C. Alors que des températures plus froides allant de 25 à 27 °C peuvent être trouvées dans les régions montagneuses, les températures du nord peuvent aller de 27 à 35 °C en été et tomber de 15 à 25 °C en hiver.²⁴ Les températures sont largement influencées par les vents, notamment l'alizé (soufflant du nord-est de novembre à janvier) et l'harmattan (soufflant de l'est de mars à juin).²⁰

Pour démontrer l'aridité du Mali, l'indice d'aridité moyen mondial de 1950 à 2000, à une résolution spatiale de 30 secondes d'arc (ou ~ 1 km à l'équateur), peut être utilisé.²⁷ L'indice d'aridité est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{Indice d'aridité (IA)} = \frac{\text{Précipitation annuelle moyenne}}{\text{Évapotranspiration potentielle annuelle moyenne}}$$

Les valeurs de l'IA augmentent selon des conditions plus humides et diminuent selon des conditions plus arides.

Les valeurs des précipitations annuelles moyennes (PAM) ont été obtenues à partir des données climatiques mondiales de WorldClim, pour les années de 1950 à 2000.²⁸ Les couches d'évapotranspiration potentielle mondiale (PET), estimées sur une base mensuelle moyenne, ont été utilisées pour générer/agréger les valeurs annuelles moyennes (VAM). La PET est une mesure de la capacité de l'atmosphère à éliminer l'eau

par le processus d'évapotranspiration. La PET est calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$PET = 0,0023 \cdot RA \cdot (T_{moyenne} + 17,8) \cdot TD_{0,5} \text{ (mm/jour)}$$

où $T_{moyenne}$ est la température mensuelle moyenne, TD est la plage de température mensuelle moyenne et RA est le rayonnement extra-terrestre mensuel moyen. La méthode de Hargreaves a donc été utilisée, en fonction de la température moyenne mensuelle provenant de la base de données de WorldClim et de la radiation extra-terrestre mensuelle, calculée à l'aide d'une méthodologie présentée par Allen et al., 1998.²⁹⁻³¹ La Plage de température (TD) est un indicateur permettant de décrire l'effet de la couverture nuageuse sur la quantité de rayonnement extra-terrestre atteignant la surface terrestre. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) a élaboré une classification basée sur l'indice d'aridité en 1997, définie dans **Error! Reference source not found.**

Tableau 1 Classifications de l'indice d'aridité selon le PNUE

Valeur de l'indice d'aridité	Classe climatique
<0,03	Hyperaride
0,03 -0,2	Aride
0,2 -0,5	Semi-aride
0,5 -0,65	Sèche subhumide
>0,65	Humide

Ces mesures ont été utilisées depuis lors et les régions hyperarides du Mali peuvent être démontrées en **Error! Reference source not found.** utilisant de telles méthodes.

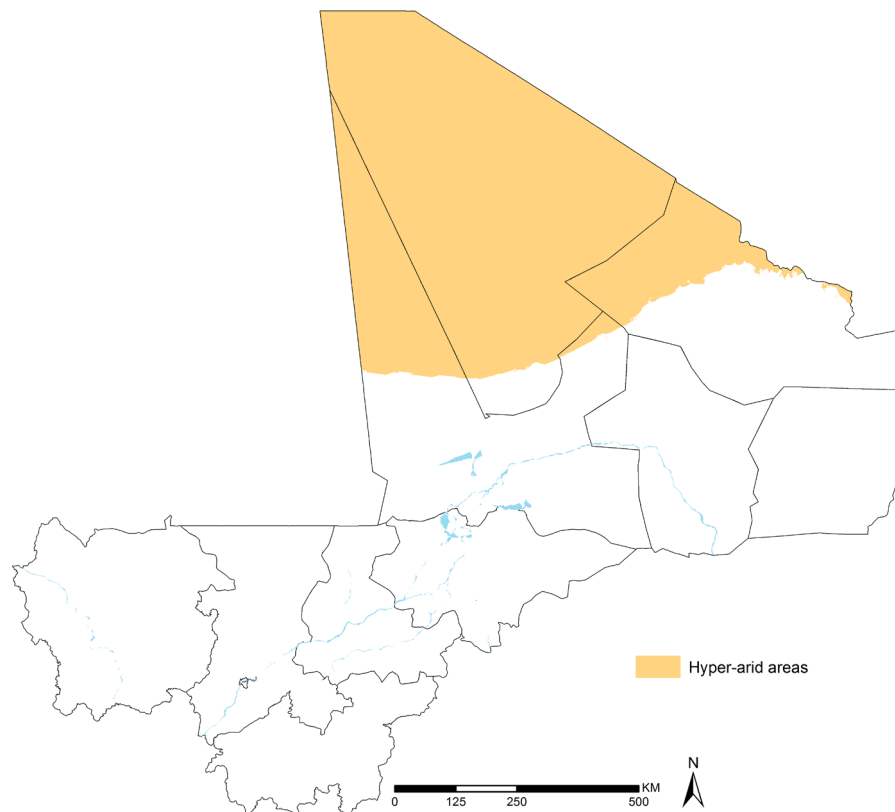


Figure 4 Régions hyperarides du Mali

Au Mali, plus d'un tiers des terres est utilisé à des fins agricoles, 5,6 % des terres étant considérées cultivables, 28,4 % servant de pâturages permanents et 0,1 % utilisées pour des cultures permanentes.¹⁵ Les pays de la région sahéenne, y compris le Mali, sont confrontés à des problèmes environnementaux tels que la sécheresse, la désertification, l'érosion des sols et la réduction des ressources en eau.^{21,32} En raison des réformes économiques et politiques des années 70 liées à l'environnement, les sécheresses ayant touché le Sahel ont été rigoureusement étudiées depuis les années 70.³³

L'une des pires sécheresses du Sahel dans l'histoire s'est produite entre 1972 et 1984, au cours de laquelle environ 100 000 personnes ont trouvé la mort. D'ici 1974, plus de 750 000 personnes au Mali, au Niger et en Mauritanie dépendaient entièrement de l'aide alimentaire.³⁴ Une famine a ensuite frappé le Sahel en août 2010, entraînant de mauvaises récoltes dans plusieurs pays, en raison de températures record et d'une absence quasi totale de pluies. Cela a entraîné non seulement des pénuries alimentaires et une famine généralisées, mais aussi des maladies liées à une mauvaise nutrition, à l'assainissement et à la pollution.

On sait également que les pénuries d'électricité sont dues à des pénuries d'eau dans les barrages hydroélectriques.³⁵

1.5 Évolution et implications politiques et conflictuelles

En janvier 2012, le groupe rebelle touareg, le MNLA, a entamé une insurrection contre le gouvernement dans les régions du nord de Tombouctou, Gao et Kidal. Ce conflit a entraîné une importante détérioration de la sécurité dans ces régions et

des déplacements massifs de populations.³⁶ Le MNLA a gardé le contrôle de ces régions jusqu'en avril 2013, suite à l'intervention de l'armée française en janvier 2013 pour aider les forces gouvernementales maliennes à reprendre le contrôle du nord. En juillet 2013, la Mission multidimensionnelle intégrée des Nations Unies pour la stabilisation au Mali (MINUSMA) a été déployée.³⁷ La situation en matière de sécurité s'est améliorée depuis ce déploiement, bien que la région de Tombouctou et Gao soit toujours considérée comme présentant un risque élevé, avec des escarmouches fréquentes entre les insurgés et les forces gouvernementales.

Ibrahim Boubacar Keïta, le président démocratiquement élu du Mali depuis 2013, a signé un accord de paix à médiation internationale en juin 2015 avec les groupes militants du nord.¹⁵ Cependant, ces accords doivent encore être respectés et les groupes, non inclus dans l'accord, continuent à provoquer des troubles dans les zones rurales.¹⁵ L'état d'urgence a été décrété en novembre 2015 et a récemment été prolongé en octobre 2017 pour une année supplémentaire.³⁸

En 2017, le Mali se classait au 25e rang mondial en termes d'impact du terrorisme, avec des groupes tels que Jama'at Nusrat al-Islam wal-Muslimin, affiliée à Al-Qaïda, Al-Qaïda au Maghreb islamique, l'État islamique d'Irak et le Levant au Sahel, Al Murabitoun, Ansar Dine, Boko Haram et Libération du Macina.^{15,38,39} Douze pour cent des attaques terroristes (soit 10 % des décès liés au terrorisme) au Mali en 2012 et en 2016 sont attribuées à Libération du Macina. Ces attaques ont inclus la violence aveugle, les enlèvements, les engins explosifs improvisés et les attaques contre les forces de maintien de la paix avec l'extrémisme souvent lié au chômage, au manque d'opportunités, à la faible réglementation des institutions religieuses, à la réduction des valeurs familiales, à la formation d'un État islamique et aux failles dans l'administration publique et les processus judiciaires.^{38,39} Ces groupes sont principalement actifs dans les régions frontalières Mali-Niger et Mali-Burkina Faso.¹⁵

Cette situation instable entrave les capacités d'aide humanitaire, soit en ralentissant, ou en bloquant complètement, l'accès aux populations locales dans le besoin.⁴⁰

1.6 Population et économie

Population

La population malienne comprend un certain nombre de groupes ethniques subsahariens, notamment les Bambara, les Soninkés, les Malinkés, les Fulanis, les Peuls, les Sénoufos, les Dogons, les Songhais, les Diolas, les Bobos, les Oulés, les Touaregs et les Maures / Maurs.²¹

Depuis l'indépendance, quatre recensements nationaux de la population ont été réalisés au Mali. Ceux-ci ont été menés en 1976, 1987, 1998 et 2009 et indiquent des données démographiques instables. La croissance annuelle moyenne de la population est passée de 1,75 % en 1976 à 1,41 % en 1987, avant de remonter à 2,60 % en 1998.⁴¹ Cette tendance s'est poursuivie jusqu'en 2007 avec une croissance de 3,34 % avant de redescendre légèrement à 3,26 % en 2009.⁴¹ Les estimations actuelles indiquent une augmentation de la croissance annuelle à 2,97 %, après avoir chuté à 2,90 % en 2013 (**Error! Reference source not found.**).⁴¹

À la mi-2017, la population était de 18,9 millions.⁴² On prévoit que d'ici 2023, la population atteindra 22,96 millions et 27,5 millions d'ici le milieu de 2030.^{42,43}

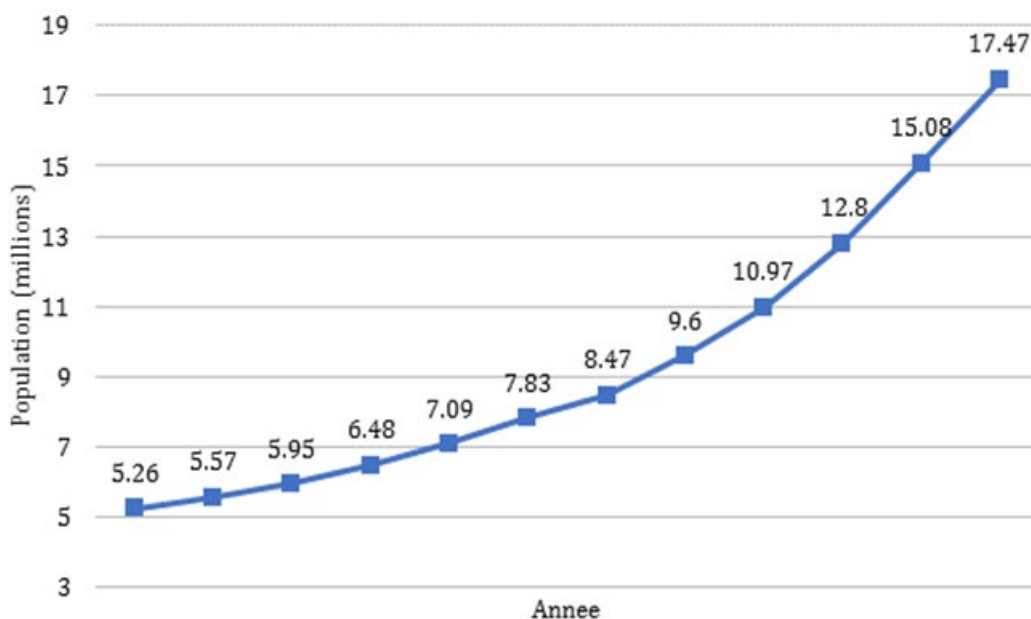


Figure 5 Estimations de la population au Mali, 1960 à 2015

Pour améliorer notre compréhension des schémas d'établissement humain, des techniques de modélisation spatiale ont été mises au point pour réaffecter les populations dans les unités de recensement aux surfaces maillées plus fines.⁴⁴ En résumé, une technique de modélisation dasymétrique a été utilisée pour redistribuer les chiffres de population dans 687 communes définies spatialement (unités administratives de niveau 4), utilisés lors des recensements nationaux de 2009 et des données de couverture terrestre dérivées de l'imagerie satellitaire.⁴⁵ Un poids de population différent a été attribué à chaque classe de couverture terrestre, afin d'éloigner les populations des zones peu peuplées (par exemple les réserves de chasse ou les déserts arides) et de concentrer les populations dans les zones bâties. Le résultat net était un ensemble de données maillées de la répartition de la population (chiffres) à une résolution de 0,1 x 0,1 km. Les ensembles de données sur la répartition de la population ont été projetés aux années utilisées pour prédire le risque de paludisme et la couverture des MILD (voir plus loin), en utilisant les taux nationaux de croissance ruraux et urbains des Nations Unies (ONU) et ont été utilisés pour correspondre aux estimations nationales de population totales fournies par la Division de la population des Nations Unies pendant toutes ces années.^{46,47} La densité de population modélisée résultante pour 2015 se trouve dans la **Error! Reference source not found.**ⁱⁱ

ⁱⁱ L'ensemble de données utilisé était l'estimation de la version alpha de 2015 du nombre de personnes par maille, les totaux nationaux étant ajustés pour correspondre aux estimations de la division de la population de l'ONU (<http://esa.un.org/wpp/>) et une résolution spatiale de 0,00833333 degré décimal (environ 100 m à l'équateur). Une projection géographique WGS84 a été utilisée en utilisant une approche de cartographie basée sur la couverture terrestre décrite par Linard, C., Gilbert, M., Snow, R.W., Noor, A.M. et Tatem, A.J., 2012.

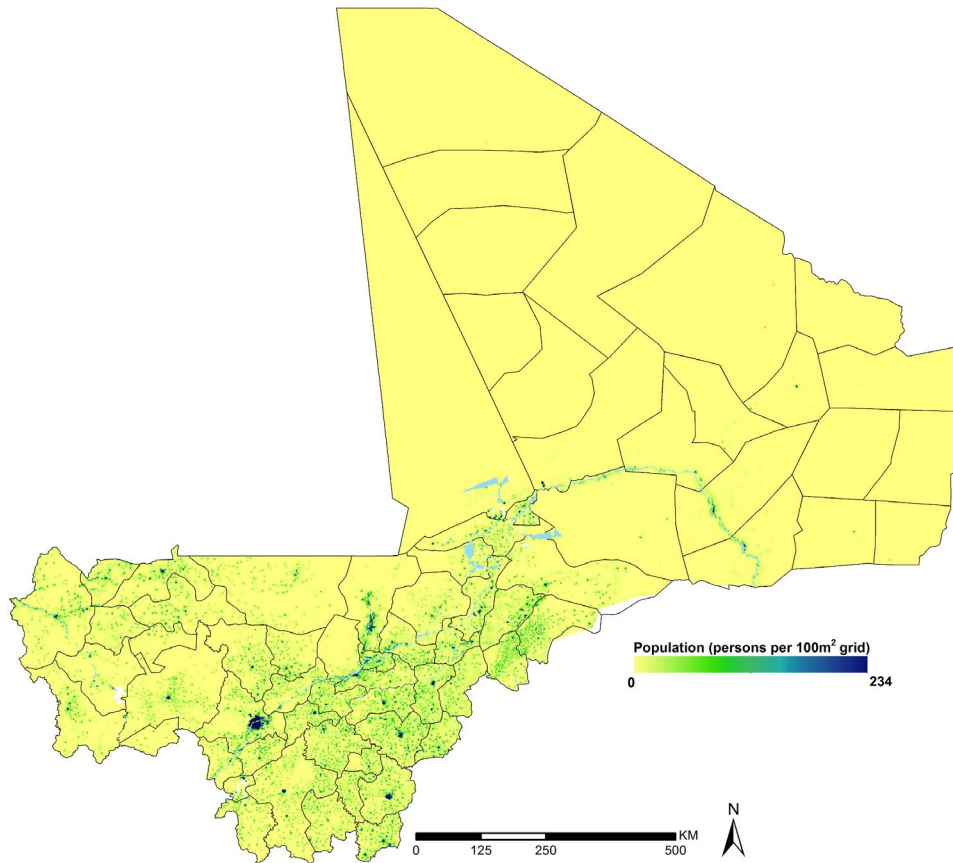


Figure 6 Densité démographique modélisée de 2015 par 100 m²

La cartographie de la répartition de la population et les estimations de la prévalence du paludisme pourraient être améliorées en utilisant des données de recensement mises à jour.

À partir de 2016, la densité démographique au Mali est assez faible, à environ 15 personnes par km² par rapport à la densité démographique agrégée en Afrique subsaharienne s'élevant à 44 personnes par km².⁴¹ Par rapport aux pays limitrophes, la densité démographique du Mali est supérieure à celle de la Mauritanie, mais inférieure à celle du Niger, de l'Algérie, de la Guinée, du Burkina Faso, de la Côte d'Ivoire et du Sénégal (**Error! Reference source not found.**).⁴⁸

Tableau 2 Densité démographique (habitants par km² de superficie) du Mali et des pays voisins pour 1987, 2009 et 2016

Pays	1987	2009	2016
Mali	7	12	15
Algérie	10	15	17
Burkina Faso	30	55	68
Côte d'Ivoire	35	63	75
Guinée	22	43	50
Mauritanie	2	3	4
Niger	6	13	16
Sénégal	36	65	80

Urbanisation

La population du Mali s'urbanise rapidement (**Error! Reference source not found.**). En 1976, 17,5 % de la population du Mali (1,1 million) étaient classés comme urbains et se concentraient principalement dans la ville de Bamako et dans d'autres zones urbaines principales telles que Ségou, Sikasso, Mopti et Koutiala, Kayes, Tombouctou, Gao et Kati. En 2009, ce chiffre était passé à 33,6 %, à 34,7 % en 2013 et à 41,4 % en 2017.¹⁵ Cela peut, en grande partie, être attribué aux mouvements de population résultant du conflit dans le nord du pays, avec 22 % des déplacés internes (IDP) se déplaçant uniquement à Bamako.⁴⁹

Les estimations de 2015 à 2020 placent la croissance urbaine à environ 4,9 % par an.¹⁵ La majorité de la population vit dans le sud du pays, notamment le long de la frontière avec le Burkina Faso.¹⁵

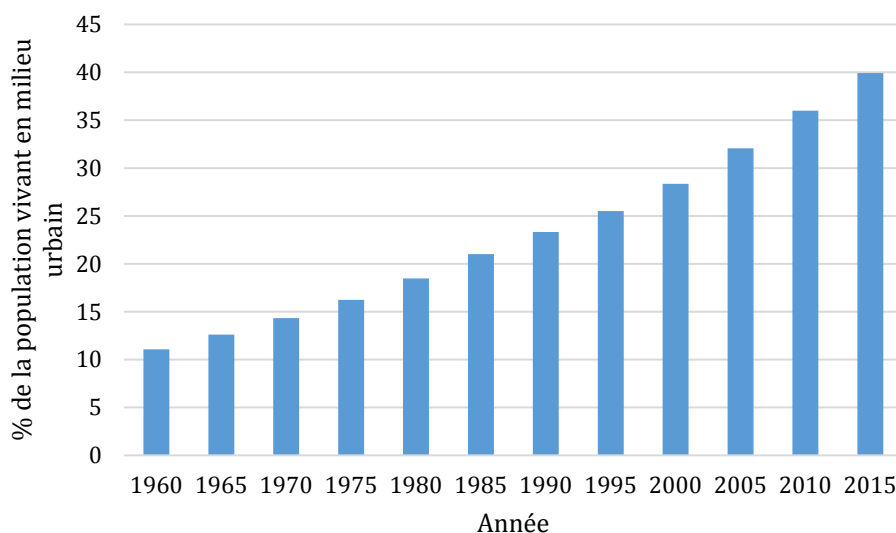


Figure 7 Pourcentage de la population totale résidant dans les zones urbaines du Mali entre 1960 et 2015 selon *Perspectives de l'urbanisation mondiale : Révision de 2014* de la Division de la population des Nations Unies 2014

Mouvements de population

Les mouvements importants et imprévus de personnes constituent un facteur majeur potentiel des épidémies de paludisme. Ces mouvements, à leur tour, ont de graves répercussions sur le système de santé et entravent les capacités de détection, de traitement et de surveillance.⁵⁰

Avant l'éclatement du conflit en 2012, le Mali maintenait des frontières fluides pour les populations et servait de pays de transit vers le nord.⁴⁹ Dans les années 1990, un grand nombre de Touaregs sont retournés au Mali en provenance d'Algérie et de Libye, en raison de la sécheresse et des tensions croissantes.²¹ Le Mali a également servi de refuge à 15 624 réfugiés et à 2 497 demandeurs d'asile des pays limitrophes, notamment lors de la guerre Mauritanie-Sénégal en 1989, de la guerre civile en Côte d'Ivoire en 2002 et des conflits en Sierra Leone dans les années 90.⁴⁹

Le coup d'État militaire de 2012 a été l'un des principaux moteurs de la crise migratoire au Mali et la poursuite du conflit a entraîné la fuite de la population locale vers les pays voisins et vers le sud du Mali.⁴⁹ On estime que 8,6 % de la population malienne a fui la zone de conflit à la recherche de meilleures conditions de sécurité.⁴⁹ Avec une densité démographique aussi faible dans le nord, ce mouvement a entraîné des complications importantes dans la gestion du programme.⁴⁹

Environ 38 172 de déplacés internes vivent actuellement au Mali.⁴⁰ Parallèlement, le pays lutte pour faire face au problème du retour des réfugiés maliens après la stabilisation, avec 526 505 de déplacés internes et 63 107 de réfugiés rapatriés en 2017.⁴⁰ De nombreux déplacés internes proviennent des régions désertiques du nord, qui sont pratiquement exemptes de paludisme, ce qui les rend largement non immunisés et constitue un groupe à risque important pour les épidémies potentielles de paludisme.

Avant la crise migratoire, près d'un tiers de la main-d'œuvre malienne aurait migré de façon saisonnière vers les zones urbaines ou vers les pays voisins à des fins pastorales, en particulier dans le contexte de la grande vulnérabilité du pays à la sécheresse.⁴⁹ De plus, le Mali a été utilisé pour trafiquer des travailleurs à travers les frontières voisines, Gao et Tombouctou servant de hub principal avec une application restreinte des contrôles aux frontières.⁴⁹ On estime que 5 à 10 % de la population malienne est considérée comme nomade, ce qui pourrait contribuer à accroître le risque de transmission du paludisme dans les zones à faible prévalence.^{15,21}

Économie

Après son accession à l'indépendance, le Mali est passé à une approche économique socialiste incluant la nationalisation des ressources.²¹ Cette réforme n'a pas duré longtemps, le Mali ayant rejoint la zone franc en 1967 en raison d'un système économique défaillant.²¹ Les turbulences associées à un coup d'État en 1968 et la sécheresse de 1968 à 1974 ont ralenti l'économie et les tentatives de réformes.²¹ Le système économique s'est progressivement amélioré après la signature d'accords d'ajustement structurel avec le Fonds monétaire international (FMI).²¹ Le Mali est désormais membre de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest

(CEDEAO) et de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA), mais se classe toujours au 176e rang sur 188 pays évalués par l'Indice de développement humain des Nations Unies.⁵¹

Le Mali lutte contre la pauvreté généralisée, se classant parmi les 25 pays les plus pauvres du monde ; 90 % des personnes pauvres du Mali vivent dans les zones rurales du sud du pays.^{15,51} Ces conditions sont en grande partie la conséquence du conflit en cours et des sécheresses récurrentes, avec une baisse particulièrement sensible du produit intérieur brut (PIB) de 12,98 milliards USD en 2011 à 12,44 milliards USD en 2012, coïncidant avec une période de conflit importante.⁵¹ Ceci est démontré dans **Error! Reference source not found.**, qui illustre la croissance du PIB du Mali (USD courants) pour la période 2008-2017. Notamment, les taux globaux de pauvreté sont passés de 55,6 % à 45 % entre 2001 et 2013, sous l'effet de la croissance dans les secteurs de l'agriculture et des services, avec un taux de croissance global du PIB de 5,8 % en 2016.⁵¹ La consommation privée et les investissements bruts en capital fixe augmentent respectivement de 5,1 % et 14,9 %, en raison des améliorations infrastructurelles et des rendements agricoles.⁵¹

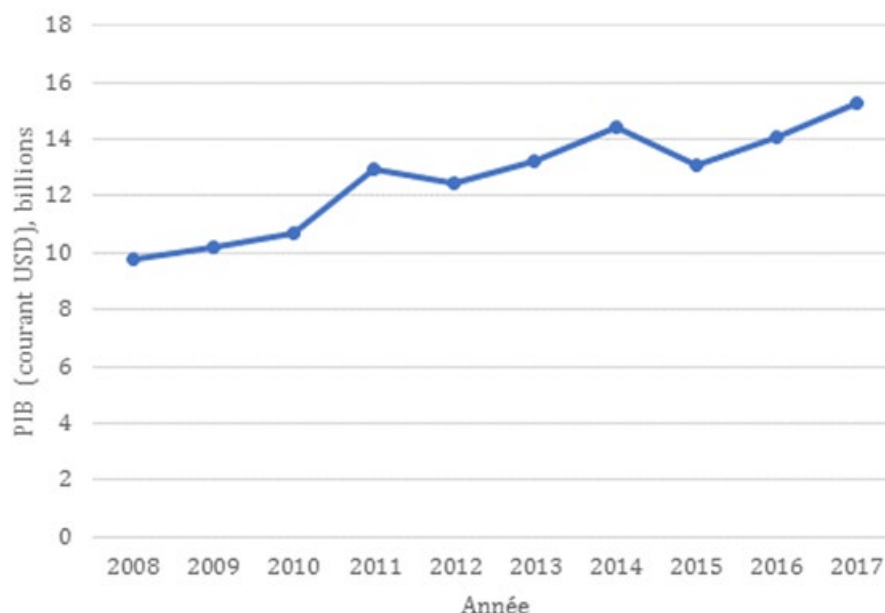


Figure 8 PIB (USD courants) pour la période de 2008 à 2017 au Mali^{41,48}

Les produits agricoles primaires du Mali sont le mil, le maïs, le riz, les arachides et les légumes.¹⁵ Les ressources naturelles du Mali comprennent la bauxite, le cuivre, le gypse, les diamants, le minerai de fer, l'or, le calcaire, les phosphates, le manganèse, le sel, l'argent, le zinc, le lithium et l'uranium.²¹ Toutefois, un certain nombre de ces ressources minérales ne sont pas considérées comme viables à des fins commerciales ou sont difficiles d'accès en raison du conflit en cours.²¹ Peu de ressources du Mali sont exportées, mais celles qui le sont comprennent le coton, l'or et le bétail (bovins, ovins, caprins). Ces ressources sont exportées vers la Suisse (30,4 %), l'Inde (12,2 %), l'Ukraine (5,1 %), la Chine (5,1 %), le Burkina Faso (4,9 %), le Sénégal (4,3 %) et la France et l'Afrique du Sud (4 %).¹⁵ En raison de la nature agricole de ces produits, elles dépendent de facteurs environnementaux et peuvent considérablement varier selon les conditions.^{15,51} L'économie du Mali est soumise à des chocs importants, car près de

80 % de la population est impliquée dans les industries de la pêche et/ou de l'agriculture, des secteurs qui représentent 40,9 % du PIB.¹⁵

Les conditions économiques actuelles sont prometteuses et devraient maintenir la baisse actuelle de l'inflation de -1,8 % et augmenter le PIB (14,035 milliards USD à compter de 2016).^{41,51} Les principaux obstacles à la poursuite de cette tendance seraient la corruption et les troubles politiques, comme en 2012 avec le coup d'État politique.¹⁵

Le chômage au Mali est estimé à 8,1 % de la population et 36,1 % de personnes vivent en dessous du seuil de pauvreté.¹⁵ En 2017, le PIB par habitant en parité de pouvoir d'achat (PPA) était de 2 200 USD.¹⁵ L'APD au Mali augmente, avec 1 210 millions USD fournis en 2016, contre une moyenne annuelle de 715 millions USD entre 2000 et 2009.⁵² Cependant, le Mali est un pays fortement endetté dont la dette est estimée à 4,296 milliards USD à compter de 2017.¹⁵

Aperçu de la santé au Mali

Bien que le Mali ait réalisé des progrès significatifs en matière de santé et ait connu une forte réduction des taux de mortalité infantile et postinfantile, le pays affiche encore certains des indicateurs de santé les plus pauvres au monde. Les taux moyens de mortalité infantile et chez les moins de cinq ans sont respectivement de 68 et 110,6 décès pour 1 000 naissances vivantes. Il s'agit d'une baisse par rapport aux chiffres rapportés en 2010, à savoir respectivement 79,5 et 136,5 décès pour 1 000 naissances vivantes.^{53,54}

L'indice synthétique de fécondité de 6,0 enfants par femme en âge de procréer reste le sixième plus élevé au monde, mais il a diminué par rapport à 2010, où le taux de fécondité moyen était de 6,6 enfants par femme en âge de procréer.⁴² Cette baisse est probablement due à l'augmentation du nombre de femmes âgées de 15 à 49 ans utilisant des méthodes modernes de contraception de 6 à 15 % pendant la même période.^{39,52} En 2016, le taux de mortalité maternelle au Mali reste élevé, avec 379,6 décès pour 100 000 naissances vivantes, contre 397 décès pour 100 000 naissances vivantes en 2010.⁵⁶

La répartition par âge de la population est fortement asymétrique ; 48 % de la population a moins de 15 ans et 3 % de la population a plus de 65 ans.⁴² Les hommes et les femmes conservent une espérance de vie à la naissance relativement égale de 57 et 58 ans respectivement.⁴² L'espérance de vie à la naissance a augmenté depuis 2010, alors que l'espérance de vie moyenne des hommes et des femmes était respectivement de 50 et 53 ans.⁵⁵

La mortalité toutes causes confondues est principalement attribuable aux décès dus aux maladies diarrhéiques et aux infections des voies respiratoires inférieures, représentant 21,02 % (17,61 % - 25,18 %) du total des décès en 2016. Viennent ensuite les maladies tropicales négligées (MTN) et le paludisme (19,29 %, 15,99 % - 22,8 %), les troubles néonataux (13,52 %, 11,84 % - 15,2 %), les maladies cardiovasculaires (9,45 %, 8,01 % - 11,13 %), les néoplasmes (5,61 %, 4,67 % - 6,58 %), le VIH/Sida et la tuberculose (4,62 %, 3,68 % - 5,63 %) et les carences nutritionnelles (4,11 %, 2,48 % - 6,19 %). Les

22,38 % restants comprennent des facteurs tels que les maladies respiratoires chroniques, les maladies digestives, la guerre et les catastrophes.⁵⁶ Les principales causes de décès sont similaires à celles de 1990, lorsque les maladies diarrhéiques et les infections des voies respiratoires inférieures étaient responsables de 33,42 % (28,71 % - 39,62 %) des décès, les MTN et le paludisme de 12,88 % (9,83 % - 16,39 %), les troubles néonataux de 11,49 % (10,26 % - 12,79 %) et les maladies cardiovasculaires de 8,24 % (7,34 % - 9,11 %).⁵⁶

Les taux d'infection par le VIH au Mali sont en baisse, avec de légères différences dans la répartition par sexe. À l'heure actuelle, 0,3 % des hommes et 0,6 % des femmes au Mali, âgés de 15 à 24 ans, ont été diagnostiqués comme ayant le VIH/Sida, une réduction par rapport aux mesures de 2007-2009, respectivement de 1,2 % et 1,7 %, ^{42,55}

On estime que 24,9 % des enfants de moins de cinq ans souffrent de retard de croissance et 11,1 % des enfants de moins de cinq ans souffrent d'insuffisance pondérale au Mali.⁵⁶

1.7 Administration et politiques

Gouvernement

Le Mali est une république multipartite, démocratique et semi-présidentielle dirigée par un président et un premier ministre nommé par le président.¹⁵ Le président est élu au suffrage universel pour un mandat de cinq ans et le mandat présidentiel est limité à deux. Le Président Ibrahim Boubacar Keïta a servi depuis 2013, à la suite de la prise de pouvoir militaire en 2012 et de la mise en place du gouvernement intérimaire.¹⁵ Les élections les plus récentes se sont déroulées en juillet 2018 et ont nécessité un second tour, aucun candidat n'ayant recueilli plus de 50 % des suffrages. Le Président Keïta a ensuite été réélu, battant son principal adversaire, Soumaïla Cissé, du parti « Rassemblement pour le Mali ». Le cabinet présidentiel ou Conseil des ministres est composé de personnalités nommées par le Premier ministre.¹⁵

Le pouvoir législatif du Mali comprend 147 sièges pour former l'Assemblée Nationale, élus par circonscription pour un mandat de cinq ans. Les Maliens résidant à l'étranger sont responsables de l'élection de 13 sièges.¹⁵

Le plus haut niveau du pouvoir judiciaire du Mali est composé de la Cour suprême, constituée de 19 membres nommés par le Ministère de la Justice pour cinq ans, ainsi que de la Cour constitutionnelle, constituée de neuf membres choisis par le Président. En dessous de la Cour suprême on retrouve les juridictions inférieures de la Cour d'appel, la Haute Cour de justice, les tribunaux d'instance, les tribunaux de première instance, les tribunaux pour les conflits au travail et un tribunal spécial d'État.¹⁵

Il existe un certain nombre de partis politiques au Mali, notamment : la Solidarité africaine pour la démocratie et l'indépendance ; l'Alliance pour la démocratie au Mali-Parti africain pour la liberté, la solidarité et la justice ; l'Alliance pour la démocratie et le progrès ; l'Alliance pour la solidarité du Mali-Convergence des forces patriotiques ; les Forces alternatives pour le renouveau et l'émergence ; la Convergence pour le développement du Mali ; le Parti pour le développement économique et social ; le Front

pour la démocratie et la République ; le Congrès national d'initiative démocratique ; le Parti pour le renouveau national ; le Mouvement patriotique pour le renouveau ; le Rassemblement pour le Mali et l'Union pour la république et la démocratie.¹⁵

Niveaux de prise de décision

La décentralisation la plus récente des fonctions gouvernementales (telles que la santé en tant que politique) a commencé en 1992, quand elle a été décrite dans la constitution et mise en œuvre en 1999 avec la formation d'autorités locales élues.⁵⁸ Cela a été envisagé comme un moyen de libérer le pays des décisions post-coloniales unilatérales, ainsi que de résoudre potentiellement les tensions persistantes avec le nord du pays.⁵⁸

Grâce au régime décentralisé, la majorité des décisions administratives sont prises au niveau des communes. Le gouvernement central fournit une large part du soutien budgétaire aux autorités locales. Le gouvernement local et les chefs de commune sont élus au suffrage universel et sont responsables de la collecte des recettes locales. Les gouvernements locaux desservent en moyenne 20 000 habitants au niveau de la commune et sont composés de conseillers, d'un maire et d'un personnel administratif.⁵⁹

Divisions administratives du système de santé

Sur le plan administratif, le Mali est divisé en 11 régions. Ces 11 régions contiennent 75 districts (cercles) administrés par des arrondissements (sous-préfectures) (Figure 9, Tableau 3). Les districts sont davantage subdivisés en communes composées de villages ou de quartiers.

Depuis 2014, le gouvernement a nouvellement défini deux régions :

1. Taoudénit (anciennement dans la région de Tombouctou) qui comprend six districts ; et
2. Ménaka (anciennement dans la région de Gao) qui comprend quatre districts.

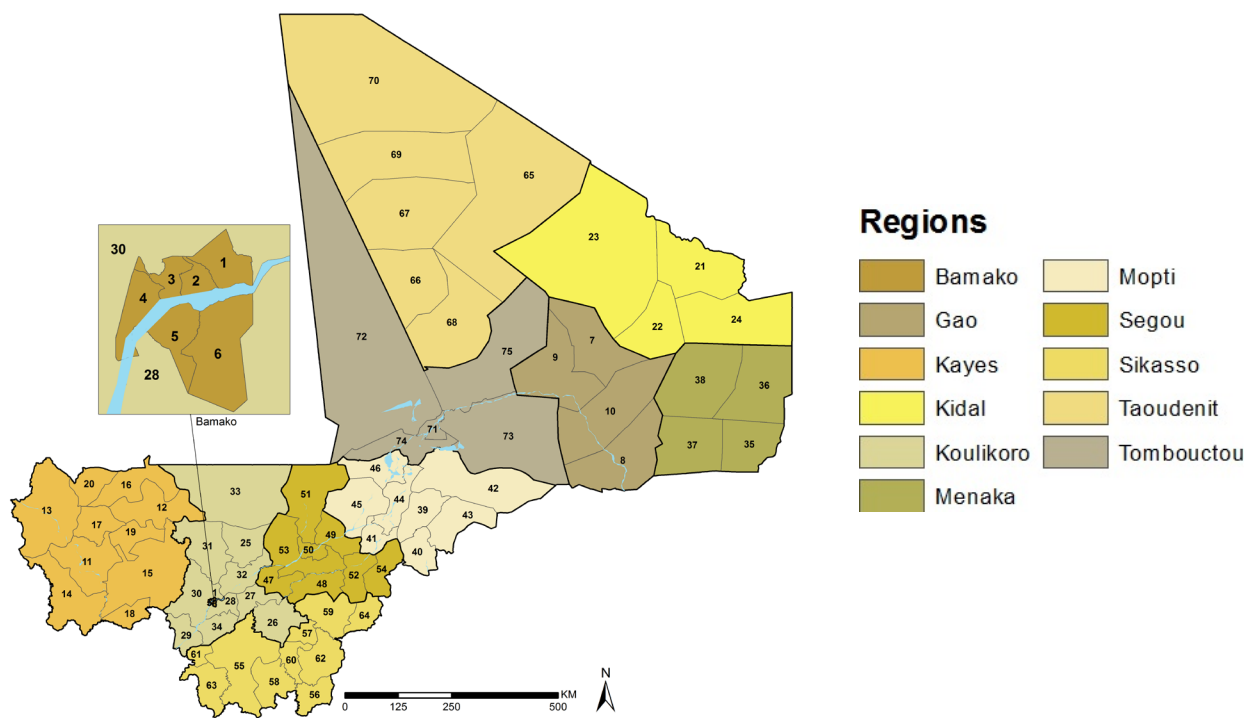


Figure 9 75 districts du Mali dans 11 régions nominales. Les méthodes de validation et de préparation de ce chiffre sont fournies dans l'Annexe A

Tableau 3 75 districts par région pour le Mali

Région	District	Code de correspondance
Bamako	Commune I	1
	Commune II	2
	Commune III	3
	Commune IV	4
	Commune V	5
	Commune VI	6
Gao	Almoustrat	7
	Ansongo	8
	Bourem	9
	Gao	10
Kayes	Bafoulabe	11
	Diema	12
	Kayes	13
	Kenieba	14
	Kita	15
	Nioro	16
	Oussoubidiagnan	17
	Sagabari	18
	Sefeto	19
	Yélimané	20
Kidal	Abeibara	21
	Kidal	22
	Tessalit	23
	Tin-essako	24
Koulikoro	Banamba	25
	Dioila	26
	Fana	27
	Kalaban Coro	28
	Kangaba	29
	Kati	30
	Kolokani	31
	Koulikoro	32
	Nara	33
	Ouelessebougou	34
Ménaka	Andéranboukane	35
	Inekar	36
	Ménaka	37
Mopti	Tidermène	38
	Bandiagara	39
	Bankass	40
	Djenné	41
	Douentza	42
	Koro	43
	Mopti	44
	Tenenkou	45
	Youwarou	46
	Ségou	Baraoueli
Bla		48
Macina		49
Markala		50
Niono		51
San		52
Ségou		53
Tominian		54
Sikasso	Bougouni	55
	Kadiolo	56
	Kignan	57
	Kolondiéba	58
	Koutiala	59
	Niéna	60
	Sélingué	61
	Sikasso	62
	Yanfolila	63
	Yorosso	64
Taoudénit	Achouratt	65
	Al-ourche	66
	Araouane	67
	Boujbeha	68
	Foum-elba	69
	Taoudénit	70
Tombouctou	Dire	71
	Goundam	72
	Gourma-rharous	73
	Niafunké	74
	Tombouctou	75

Système de santé

Perspective historique du système de santé

Après son accession à l'indépendance, le Mali a limité les services de santé au secteur public par le biais d'un plan de développement décennal.⁶⁰ Grâce à ce régime, une structure de prestation de services pyramidale (décrite plus loin) a été renforcée et des médicaments ont été fournis par l'intermédiaire de la Pharmacie Populaire du Mali (PPM), afin d'assurer une chaîne d'approvisionnement cohérente.⁶⁰ Dans les années 1980, les soins étaient gratuits, mais les services étaient peu utilisés.⁶¹ Cette

sous-utilisation des services publics était largement due à l'éloignement des installations (30 % de la population malienne vivait à moins de 15 km d'un centre de santé dans les années 80), aux guérisseurs traditionnels plus facilement disponibles et à une mauvaise qualité des soins.⁶² En outre, le nombre de fonctionnaires du secteur de la santé a diminué lorsque la pratique privée a été autorisée de nouveau en 1985 dans les zones urbaines.^{60,61}

La première réforme du secteur de la santé au Mali, la Politique sectorielle de santé et de Population, et l'Initiative conjointe de Bamako entre l'OMS et l'UNICEF pour accroître la disponibilité des médicaments et des services de santé essentiels par la décentralisation, ont permis la création de centres de santé communautaires (CSCOM) dans les années 1990.⁶³ Des CSCOM ont été mis en place pour résoudre le problème de l'utilisation des services de santé et étaient responsables de la fourniture de soins à 10 000 personnes, supervisés par une association de santé communautaire élue au niveau local (ASACO).⁶¹ En 1997, le pays comptait environ 500 établissements de soins de santé publics.⁶⁰ Parmi ceux-ci, il y avait 14 hôpitaux, 52 centres de santé pour districts sanitaires et 270 centres de santé de district.⁶⁰ L'autonomisation communautaire, le renforcement des partenaires techniques et financiers, les relations avec le secteur privé et la société civile, et les médicaments essentiels ont également été améliorés par ces efforts.¹

Les réformes de décentralisation ultérieures dans le système de santé malien ont été motivées par des ajustements structurels soutenus par des considérations politiques. Le recrutement de professionnels de la santé a progressivement diminué au fil du temps, entraînant un ratio personnel qualifié/population jusqu'à huit fois plus élevé dans les zones urbaines que dans les zones rurales.^{59,61} Pour remédier à cette divergence, la Faculté de médecine de Bamako a encouragé les jeunes médecins à chercher un emploi dans les zones rurales du pays, avec l'appui de l'organisation non gouvernementale (ONG) Santé Sud.⁶¹ En 2005, 74 % des médecins de terrain pratiquaient dans un CSCOM et seulement 15 % exerçaient une activité privée.⁶¹ Les médecins ruraux doivent veiller à la qualité des soins, tout en tenant compte de la capacité de payer, des médicaments génériques et des dispositions minimales en matière de soins, de la mise en œuvre de mécanismes de protection sociale, de la promotion de la santé et des activités éducatives.⁶¹

En 2013, le gouvernement du Mali a adopté le PDDSS 2014-2023 et le PRODESS 2014-2018. Le PDDSS et le PRODESS sont les principaux documents de référence pour les interventions sanitaires et le développement social au Mali, tous deux recherchant une position multisectorielle et décentralisée dans le transfert de pouvoir aux communautés.¹ Un nouveau PDDSS a été récemment mis au point pour suivre de plus près la réalisation des objectifs et s'aligner sur le Cadre Stratégique pour la Croissance et la Réduction de la Pauvreté (CSCR).¹

En 2010, il y avait 0,1 lit d'hôpital pour 1 000 personnes au Mali et moins de 0,09 médecin pour 1 000 personnes.⁴¹ Alors que le nombre d'infirmières et de sages-femmes est légèrement supérieur à 0,443 pour 1 000 personnes, le nombre d'agents de santé communautaires est encore plus bas, s'élevant à 0,007 pour 1 000 personnes.⁴¹ La réponse aux besoins non satisfaits dépend fortement des groupes missionnaires et des organisations internationales de développement, en particulier dans les régions du nord

du pays.²¹ Les groupes missionnaires et les organisations confessionnelles ne se sont intégrés que récemment au Mali, leur présence ayant été découragée après l'indépendance.⁶²

En raison du conflit en cours au Mali, l'accès au personnel médical et/ou aux fournitures médicales est limité. Le personnel médical a fui des régions comme Tombouctou, créant une demande en soutien externe. Ce vide a été principalement comblé par Médecins Sans Frontières (MSF), désormais responsable du soutien hospitalier et des centres de santé, du traitement des maladies chroniques, des services de nutrition et de laboratoire, des soins de santé mentale, de la santé maternelle, des chirurgies, des soins d'urgence et de la prévention saisonnière du paludisme dans les régions de Gao, Kidal, Koutiala et Tombouctou.⁶⁴ Au niveau national, les organisations bilatérales et multilatérales sont largement actives, avec le Groupe Pivot de Santé et Population (GPSP) coordonnant les ONG, ainsi que le Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique.⁶³

Gouvernance du système de santé

Le système de soins de santé primaires est actuellement composé de services curatifs individuels, de services préventifs et de services promotionnels.⁵⁹ Les dépenses publiques sont passées de 4,3 % du PIB en 2001 à 6,9 % du PIB (équivalent à 108 USD par habitant) en 2014, les dépenses personnelles en pourcentage des dépenses de santé actuelles restant élevées malgré une baisse de 71 à 47 % dans les mêmes années.^{21,58,65,66}

Le Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique supervise l'élaboration des politiques de santé, tandis que la Direction Nationale de la Santé (DNS) supervise les efforts de mise en œuvre.⁶⁷ Le Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique et la DNS relèvent tous deux du Secrétaire Général.³ Les Directions Régionales de la Santé (DRS) et les quatre hôpitaux nationaux sont responsables du fonctionnement régional de la politique nationale de santé.^{63,67} En ce qui concerne le paludisme, le PNLP était auparavant sous la direction de la Division du contrôle des maladies de la DNS. Cela a changé en 2007 lorsque le PNLP est devenu une direction et a commencé à rendre compte directement au Secrétaire Général.³ Le PNLP est composé de quatre groupes techniques et d'une division financière et administrative.³

La gestion quotidienne, le financement et la prise de décision sont délégués aux ASACO et aux autorités élues localement.⁵⁹ Les ASACO comprennent un comité de gestion et un conseil d'administration composé de représentants de la commune, du village et du personnel de santé.⁶² Les autorités locales travaillent en partenariat avec les ASACO responsables de la gestion des stocks de médicaments et des approvisionnements, du financement des services, de l'entretien des installations et du recrutement du personnel.^{59,62} Les médecins recrutés peuvent être employés selon différents régimes contractuels via les ASACO, soit comme partenaires ou comme employés.⁶¹

Hiérarchie de fourniture de services

Les districts sanitaires sont principalement responsables de la planification, de la budgétisation et de la gestion du développement sanitaire, tandis que les niveaux

régionaux sont responsables de l'appui technique aux districts sanitaires. Le niveau national définit les stratégies et détermine les investissements opérationnels.¹

Les prestataires de soins du système de santé comprennent les centres de santé para-étatiques, les centres de santé appartenant à des entreprises, les centres de santé militaires, les compagnies d'assurance, les écoles médicales et paramédicales publiques et privées, les pharmacies, les ONG et les guérisseurs traditionnels.⁶³ Les guérisseurs traditionnels sont enregistrés auprès de la Fédération malienne des Associations des Tradithérapeutes et Herboristes (FEMATH), qui collabore avec le Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique pour intégrer les médicaments traditionnels et modernes.¹

Dans le secteur public, le Mali s'appuie sur un système de fourniture de services pyramidal (Figure 10), qui opère selon un mécanisme de recommandation avec des services élémentaires se trouvant à la base de la pyramide et ceux les plus spécialisés au sommet. Au niveau de la communauté/du village, les agents de santé communautaires sont principalement responsables des soins. Au niveau du district, le Centre de Santé de Référence (CSREF) sert de centre de référence en matière de santé entre les CSCOM et les hôpitaux régionaux, avec des ramifications aux directions régionales de la santé.⁶⁷ En 2017, il y avait 74 CSREF actifs au Mali.¹ Les CSREF, principalement financés par le gouvernement et les donateurs, fournissent des soins d'urgence, des interventions obstétricales et chirurgicales. De plus, les CSREF disposent d'un responsable du paludisme pour le soutien de CSCOM.³ Chaque chef du CSREF supervise les CSCOM qui fournissent des services de soins primaires dans leur district respectif.^{63,67} Si les soins nécessaires ne relèvent pas d'un CSREF, les patients peuvent être dirigés vers l'un des huit hôpitaux régionaux du pays, situés à Gao, Kayes, Kati, Mopti, Sikasso, Ségou, Tombouctou et Bamako.^{3,63,67} Au sommet de la pyramide se trouvent cinq hôpitaux tertiaires de référence, un institut national de recherche en santé publique, un centre national de transfusion sanguine, un laboratoire national de santé et deux centres de recherche.¹

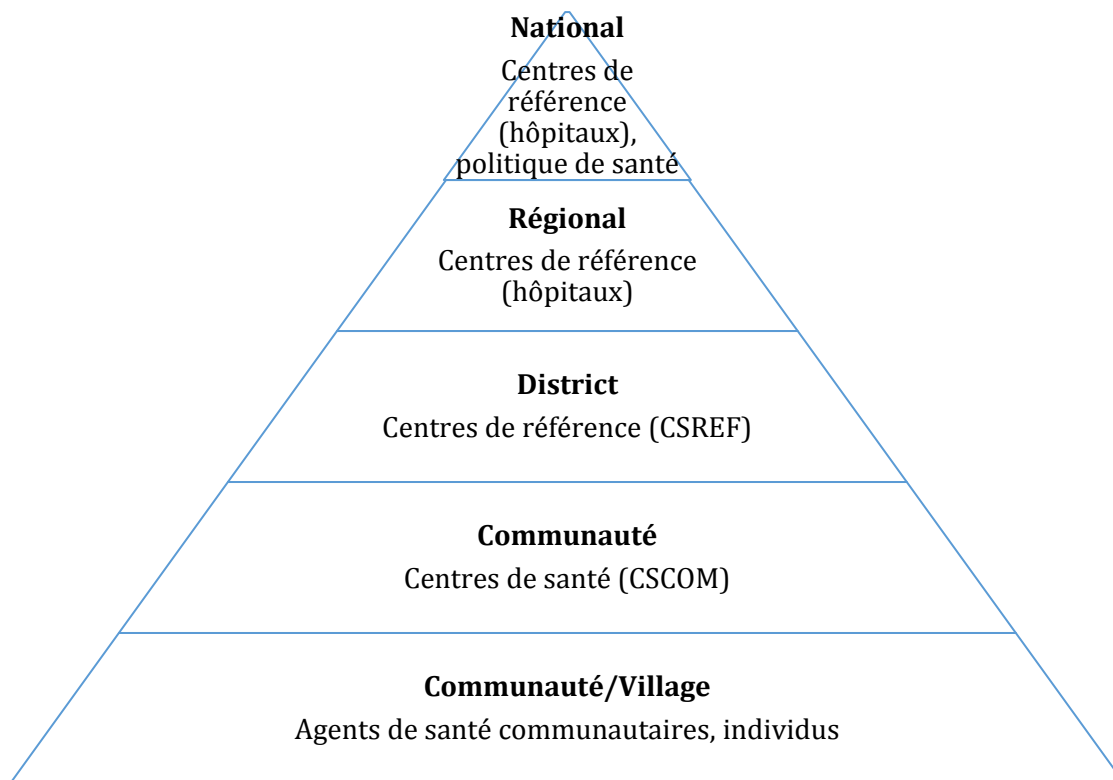


Figure 10 La pyramide de la prestation des services de santé au Mali

Depuis 2016, 1 294 CSCOM opèrent activement au Mali.¹ Les CSCOM sont généralement dotés d'une infirmière, d'une sage-femme et d'une personne responsable de l'approvisionnement en médicaments.⁶² Cependant, la dotation en personnel dépend du financement disponible au niveau communautaire et des besoins de nomination du personnel.³ Dans le cadre du Plan national de santé du Mali, les CSCOM ont pour objectif de fournir un service de santé local aux membres de la population se situant dans un rayon de 15 km, répondant à 90 % des services dispensés dans les établissements.⁶² Cela comprend les services de santé préventifs, promotionnels et curatifs.⁵⁹ Pour créer un CSCOM, les communautés doivent entreprendre un ensemble de tâches élémentaires, notamment la création d'une ASACO, le recrutement de personnel et la fourniture d'un minimum de 10 % des coûts associés à la construction d'un CSCOM.³ Les revenus des CSCOM sont générés par les frais d'adhésion, les ventes de médicaments et les frais d'utilisation, qui varient selon les décisions de l'ASACO.^{3,62}

Au niveau communautaire, on retrouve les Agents de Santé Communautaires (ASC), qui desservent les villages et les ménages avec un ensemble intégré de gestion des cas communautaires (iCCM), s'ils se trouvent à plus de 5 km d'un établissement de santé.³ L'iCCM comprend des traitements simples contre le paludisme, des traitements contre la malnutrition, des soins primaires aux nouveau-nés et des services de planification familiale. En 2017, il y avait 2 337 ASC formés au Mali.³ Les ASC sont assistés par des travailleurs bénévoles relais qui fournissent principalement des communications en matière de changement social et de comportement.³

Cartographie des établissements de santé

Des informations exactes sur le système de santé constituent la pierre angulaire d'une prise de décision efficace et d'une évaluation fiable du fardeau des maladies et des

besoins en ressources.^{68,69} Les efforts déployés, pour s'attaquer à l'énorme fardeau des problèmes de santé dans les pays à faible revenu, sont entravés par l'absence de structures d'information sanitaire efficaces pouvant fournir des statistiques sanitaires fiables.⁷⁰⁻⁷² Au cœur d'un système d'information sanitaire (SIS) pleinement opérationnel, on retrouve un inventaire de base de tous les établissements de santé fonctionnels et des services qu'ils fournissent. Un tel inventaire nécessite une dimension spatiale permettant de relier les établissements aux populations qu'elles desservent, par niveau de soins et autres déterminants immédiats de la santé, tels que l'environnement, la pauvreté et l'éducation. Ce lien spatial peut être assuré par des systèmes d'information géographique (SIG). L'utilisation des SIG pour la planification des services de santé est répandue dans les pays développés, mais il existe peu d'exemples de leur développement et de leur utilisation opérationnelle dans les milieux pauvres en ressources en Afrique.⁷³⁻⁷⁷

L'emplacement des prestataires de services cliniques est essentiel pour la planification des besoins futurs du secteur de la santé, une tactique qui n'est pas étrangère au Mali.⁷⁵ Par exemple, la cartographie, lors des efforts d'éradication du ver de Guinée, s'est avérée particulièrement utile dans la planification des interventions (Figure 11).

La base de données finale utilisée pour générer une carte actualisée incluait 1 447 établissements de santé publics géocodés, comprenant 78 hôpitaux, 1 262 centres de santé communautaires et 105 dispensaires. La carte finale des établissements de santé est disponible sous Figure 12.

Les données associées ont été tirées de Humanitarian Data Exchange 2015, du Groupe sectoriel sur l'eau, l'assainissement et l'hygiène (WASH Cluster) Mali 2016 et auprès du Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique 2016.⁷⁸⁻⁸⁰ Dix-neuf doubles ont été exclus, et 30 coordonnées et la propriété des établissements manquaient. Aucune donnée n'était disponible sur les établissements privés ou sur ceux qui fournissent des services spécialisés (par exemple, maternité) ou des services non accessibles au public (police et prisons). Les données ont été géocodées à l'aide de sources GPS (1 394), Google Earth (8), Encarta (9), Geonames (12), d'autres sources (13) et une combinaison d'autres sources (11).

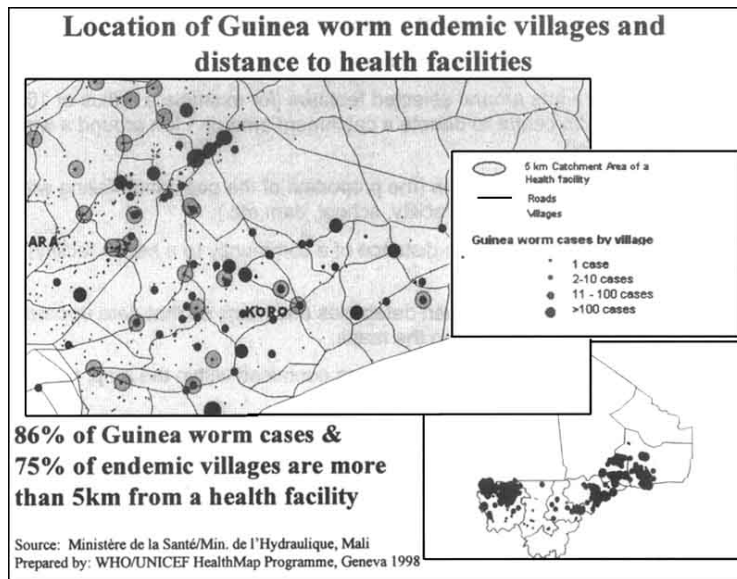


Figure 11 Emplacement des établissements de santé avec des tampons de 5 km utilisés au cours des efforts d'éradication du ver de Guinée au Mali

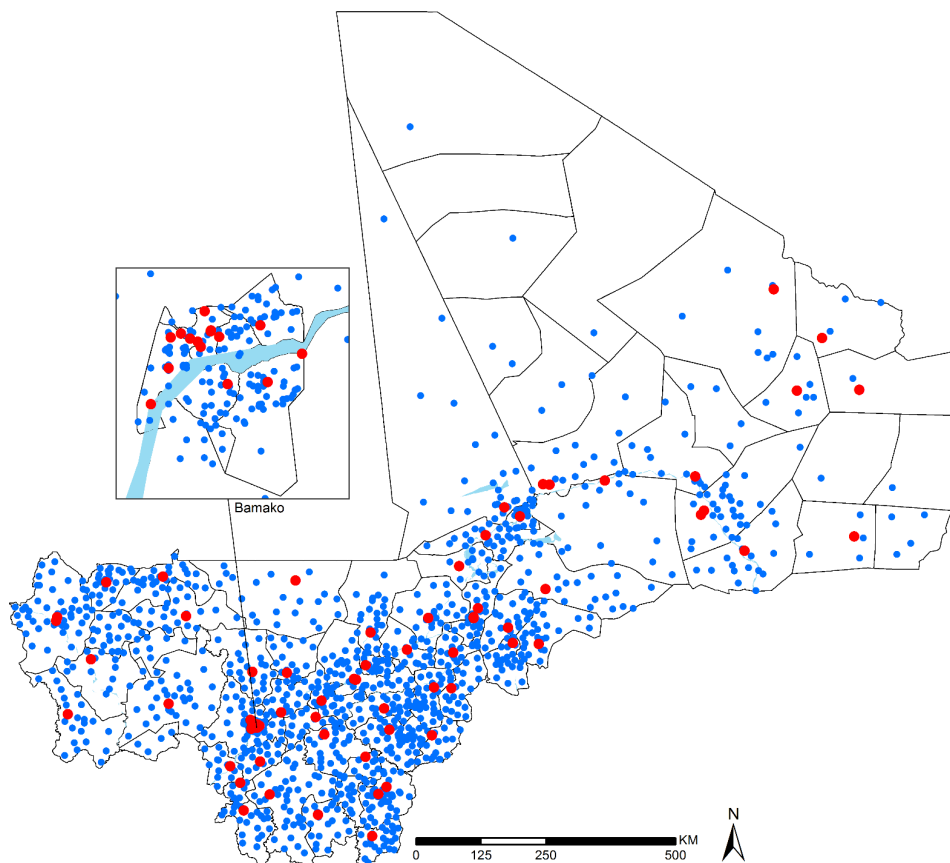


Figure 12 Répartition de 1 447 établissements de santé publique : 78 hôpitaux (en rouge), 1 264 centres de santé communautaires et 105 cliniques (en bleu) en 2016

Contexte et priorités de la santé

Le PDDSS 2014-2023 vise à améliorer la coordination entre le Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique ; le Ministère du Travail, des Affaires sociales et des Affaires humanitaires ; et le Ministère de la Promotion de la femme, de la famille et de l'enfant.

Le PDDSS vise à s'aligner sur les Objectifs du millénaire pour le développement (OMD), tout en réduisant simultanément le fardeau de la pauvreté grâce à la fourniture de soins de santé universels de qualité. Le document stipule en outre que les valeurs qui sous-tendent la politique de santé doivent être liées à l'équité, au respect des droits de l'homme, au respect de l'identité culturelle, aux droits des patients, au genre et à la bonne gouvernance. À cette fin, il existe 11 objectifs prioritaires :⁸¹

- 1) Réduire la morbidité et la mortalité maternelles, néonatales, infantiles et postinfantiles ;
- 2) Réduire la morbidité et la mortalité liées aux maladies transmissibles ;
- 3) Réduire la morbidité, l'invalidité et la mortalité liées aux maladies non transmissibles ;
- 4) Promouvoir un environnement sain en confrontant les déterminants sociaux de la santé ;
- 5) Réduire les conséquences sanitaires des situations d'urgence liées aux catastrophes et minimiser leur impact social et économique ;
- 6) Augmenter la fourniture et l'utilisation de services de santé de qualité et répondre aux besoins de la population de manière plus équitable ;
- 7) Assurer un meilleur accès, une meilleure qualité et une meilleure utilisation des produits pharmaceutiques, y compris les réactifs de laboratoire, les vaccins et les produits sanguins ;
- 8) Assurer une répartition équitable des ressources humaines (hommes et femmes) qualifiées, compétentes et efficaces ;
- 9) Développer un système de financement permettant une mobilisation et une utilisation améliorées des ressources financières pour la santé, un accès aux services de santé et une gestion transparente qui encourage les prestataires et les utilisateurs à être plus efficaces ;
- 10) Assurer la production, l'analyse, la diffusion et l'utilisation d'informations sanitaires fiables, ventilées par sexe, avec des mesures des déterminants de la santé à jour, des performances du système de santé et de l'état de santé ;
- 11) Veiller à ce que la gouvernance du système de santé permette une meilleure intégration du genre, une meilleure planification stratégique et opérationnelle, une implication effective de toutes les parties prenantes, une meilleure coordination de la mise en œuvre des interventions et un renforcement des audits (internes et externes).

Une attention particulière est accordée au renforcement du système de santé dans le nord du Mali, en particulier des efforts visant à renforcer les infrastructures, les équipements et les ressources humaines.

1.8 Le paludisme au Mali

L'endémicité du paludisme varie considérablement au Mali, en grande partie en raison de la diversité des régions éco-climatiques. La transmission varie en fonction des facteurs de précipitations, d'altitude, de température, d'urbanisation et de développement hydro-agricole. Le Système Local d'Information Sanitaire (SLIS) du Mali a signalé que le paludisme était responsable de 34 % de toutes les consultations externes dans les établissements de santé en 2015, soit 2,37 millions de cas cliniques.³ La MIS menée en 2015 a rapporté la prévalence du paludisme chez les enfants de moins de cinq ans, à 36 % et 32 % respectivement par test de diagnostic microscopique et test de diagnostic rapide (TDR).³ Le paludisme est par conséquent un domaine prioritaire visé par le programme de santé du gouvernement, la responsabilité du PNLP et des partenaires.

Une chronologie de la lutte contre le paludisme au Mali

Dans le cadre du profil de risque du paludisme de 2014, une histoire écrite complète de la lutte contre le paludisme au Mali a été préparée pour saisir une perspective historique de la lutte à appliquer aux ambitions de lutte actuelles, et pour conserver une mémoire institutionnelle des efforts de lutte. Pour fonder la discussion sur la lutte contre le paludisme au Mali, ce rapport résume les principaux événements survenus entre 1900 et aujourd'hui. Les événements mis en évidence ci-dessous ont été sélectionnés par le PNLP et ses partenaires, lors d'une réunion à Bamako en juillet 2018.

Les lecteurs sont encouragés à faire référence à l'histoire écrite dans son intégralité et à consulter la chronologie de la lutte contre le paludisme au Mali (disponible sur linkmalaria.org).

Année	Événement
1904	Les colonies européennes et africaines, dans les zones urbaines comme Bamako et Kayes, mettent en œuvre des interventions environnementales dites « hygiène prophylactique » afin de réduire les populations de moustiques
1906 -1908	Exécution de la première étude détaillée sur les moustiques au Soudan français
1920-1934	La création d'un grand régime d'irrigation, l'Office du Niger, provoque une augmentation rapide de la densité des moustiques et de la transmission du paludisme y étant associée. Cela nécessite finalement la mise en place de services de santé à travers le régime et un hôpital à Ségou
1940-1949	Les mesures de lutte contre le paludisme primaire impliquent des visites à domicile, afin d'éliminer les sites de reproduction des moustiques, et la chimioprophylaxie
1950-1957	Pulvérisation de dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT) à Bamako, une à quatre fois par an, en fonction des densités de moustiques
1955-1956	Le Centre Muraz de Bobo-Dioulasso, au Burkina Faso, entreprend l'une des plus importantes enquêtes paludométriques du Mali à l'époque, à Gao, Kidal, Koulikoro, Mopti, Sikasso et Ségou
1977	La chimioprophylaxie est recommandée pour les femmes enceintes à partir du deuxième trimestre, après qu'une forte relation soit identifiée entre les femmes maliennes enceintes anémiques et le paludisme.
1978	Les programmes de lutte contre le paludisme verticaux sont intégrés dans le système de soins de santé primaires avec un traitement présomptif des patients fébriles, ce qui sert de principale méthode de lutte
1984	Les premières études de résistance aux insecticides, réalisées autour du barrage hydroélectrique de Sélingué, indiquent que le complexe <i>An. gambiae</i> est sensible au DDT et aux organophosphates, mais résistant à la dieldrine
1987	L'Initiative de Bamako, signée à Bamako en tant qu'initiative conjointe de l'OMS et de l'UNICEF, est adoptée par les chefs d'Etat africains comme accord formel pour augmenter la disponibilité des médicaments et des soins de santé

essentiels dans les pays d'Afrique subsaharienne, tout en mettant l'accent sur la décentralisation de la fourniture des services de santé

- 1991 Doumbo et al. publient un document sur l'épidémiologie du paludisme au Mali basé sur des données provenant de neuf sites, ce qui sert de référence principale pour l'épidémiologie du paludisme dans le pays, et des documents de politique nationale ultérieurs²
- 1992 Création du Centre de recherche et de formation sur le paludisme (Malaria Research and Training Center/MRTC) au sein du Département d'épidémiologie des maladies parasitaires de l'Université du Mali (Université de Bamako) grâce à un partenariat entre la Faculté de médecine, de pharmacie et de dentisterie ; les National Institutes of Health des États-Unis (NIH) ; l'Université de Rome (La Sapienza) ; l'Université de Marseille ; Université de Tulane ; l'Université du Maryland ; la Fondation Rockefeller ; et l'Organisation mondiale de la santé (OMS)
- 1993 Création du Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) suite à la Conférence d'Amsterdam
- Le PNLN développe et lance le plan d'action quinquennal 1993-1997
- 1996 Identification de taux élevés de résistance à la sulfadoxine/pyriméthamine (SP) chez les résidents de deux villages utilisant la SP pour le traitement du paludisme à *P. falciparum*
- 1997 Une étude en plusieurs phases sur la saisonnalité, le paludisme et la chimioprophylaxie avec le proguanil et la chloroquine (CQ) dans la région de Sikasso, indique une forte corrélation entre la saisonnalité et la probabilité d'accouchement d'enfants présentant une insuffisance pondérale (avec un risque plus élevé chez les nourrissons des premières et deuxièmes grossesses), avec un effet suppressif sur la corrélation observée, lorsque les médicaments ont été pris pendant 20 semaines ou plus
- 1998 Lancement du Plan décennal de développement sanitaire et social 1998-2009 (PRODESS II), qui devrait être mis en œuvre en deux phases (1998-2003 et 2004-2009)
- 1999 Le projet Agence des États-Unis pour le développement international (USAID)-Netmark- Population Services International (PSI) choisit le Mali comme l'un des premiers pays à participer à la distribution commerciale de moustiquaires imprégnées d'insecticide (MII)
- Le PNLN développe et lance le plan 2001-2005 contre le paludisme suite à la Déclaration d'Abuja, ciblant les populations vulnérables à travers la couverture des MII, le traitement préventif intermittent pendant la grossesse (TPIg) et la gestion des cas
- 2000 Création de la première carte malienne des risques de paludisme géostatistique basée sur la prévalence, à partir des données sur les taux de parasites chez les enfants de moins de dix ans, de 1960 à 2000
- 2001 Suppression des taxes sur les MII et les insecticides utilisés pour les traiter
- Une stratégie nationale intégrée de promotion des MII accroît la disponibilité et l'utilisation des MII chez les femmes enceintes, effectuant des consultations

prénatales, et les enfants de moins de cinq ans, participant aux campagnes de vaccination contre la rougeole

Établissement d'une corrélation entre la résistance à la CQ et la mutation pfcrT76 chez le *P. falciparum*

- 2003 Approbation du Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique en tant que bénéficiaire principal d'une subvention du Fonds mondial série 1 (S1) de 2,6 millions d'USD, pour les activités de lutte contre le paludisme
- 2006 Publication de la lettre circulaire du Ministère de la Santé du 21 avril 2006 stipulant la distribution gratuite de MII aux enfants de moins de cinq ans et aux femmes enceintes
- L'Initiative du Président des États-Unis contre le paludisme (President's Malaria Initiative/PMI) choisit le Mali comme candidat au financement¹
- 2007 Le PNLP développe et lance le premier plan stratégique national (2007-2011), comme mise à jour du plan de lutte contre le paludisme 2001-2005
- Passage de l'utilisation du CQ à celle des polythérapies à base d'artémisinine (ACT) de l'artésunate-amodiaquine (AS+AQ) comme traitement de première intention du paludisme simple.
- Introduction du TPIg avec la SP
- Identification des niches écologiques pour les deux principaux vecteurs du paludisme au Mali, *An. gambiae* et *An. arabiensis*
- Le PNLP est transformé en Direction du Programme National de Lutte contre le Paludisme, ratifié par l'Ordonnance n° 07-022/PRM, par la Loi n° 07-060 du 30 novembre 2007¹
- Les distributions de routine et les campagnes de couverture universelle fournissent gratuitement des MII aux enfants de moins de cinq ans³
- 2008 Début des tests de diagnostic rapide du paludisme à l'échelle nationale
- 2008-2013 Utilisation de pyréthroïdes et de carbamates pour l'IRS
- 2010 Adoption d'un programme iCCM - y compris le traitement gratuit du paludisme simple, des infections respiratoires aiguës, de la diarrhée, de la supplémentation en micronutriments, des soins primaires pour les nouveau-nés et de la planification familiale - pour les agents de santé communautaires (ASC).
- Révision du Schéma Directeur d'Approvisionnement et de Distribution des Médicaments Essentiels (SDADME) pour améliorer la chaîne d'approvisionnement antipaludique
- Prestation de services des ASC encouragée financièrement par le gouvernement local et par les partenaires
- Révision de la politique de traitement national visant à faire de l'AL le médicament de première intention contre le paludisme simple et l'AS+AQ comme traitement de deuxième intention³
- Enquête nationale sur l'anémie et la parasitémie

Développement de la première carte moléculaire de résistance à la CQ

2010-2012 Save the Children, le PNLP, le LSHTM et le Centre National de la Recherche Scientifique mettent en place un essai contrôlé randomisé sur l'impact des interventions antipaludiques (éducation à la prévention associée à la distribution des MIILD et un traitement de trois jours d'AS+SP, peu importe le statut infectieux), chez les enfants issus de 80 écoles de Sikasso, avec des résultats indiquant un impact positif sur l'utilisation des MII, ainsi que sur le comportement, la prévalence des infections et l'anémie

2011 Le traitement préventif intermittent du paludisme chez les enfants (TPIe) avec l'AS+AQ s'est avéré fournir une protection substantielle contre *P. falciparum* chez les enfants âgés de trois à 59 mois, en utilisant des MIILD dans trois localités de Kati

2012 Evaluation du Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2007–2011
DHS 2012

Le PNLP adopte des mesures CPS, suite à la recommandation de l'OMS d'intensification chez les enfants de trois à 59 mois dans les zones où plus de 60 % des cas de transmission du paludisme saisonnier surviennent pendant une période allant jusqu'à quatre mois, ou dans les zones où 60 % ou plus des précipitations annuelles se produisent durant trois mois consécutifs

MSF Mali et le PNLP lancent un projet pilote CPS à Koutiala dans 42 centres de traitement de la santé et 26 villages, utilisant d'abord des points de distribution porte-à-porte et fixes toutes les quatre semaines. Le coût moyen de l'intervention a été estimé à 4,50 euros par enfant, les résultats indiquant une baisse du paludisme simple, des hospitalisations et des décès chez les enfants

P. vivax identifié comme la cause de 30 % des cas confirmés, dans cinq établissements sanitaires à Tombouctou, Gao et Kidal

2013 Le PNLP développe et lance le plan stratégique national de lutte contre le paludisme 2013-2017

Consolidation de la subvention de lutte contre le paludisme de la S 10 du Fonds mondial et de la subvention de la phase 2 de la S 6³

Le gouvernement du Mali adopte le PDDSS 2014–2023 et le PRODESS 2014–2018

L'Initiative de Nouakchott voit le jour pour coordonner la réponse de la CPS en Gambie, au Tchad, au Mali, en Mauritanie, au Niger, Sénégal, pour être plus tard le Burkina Faso et le Nigeria

Mise à disposition de deux tests de sensibilité des vecteurs aux insecticides dans l'ensemble des sites sentinelles, avec utilisation des données recueillies sur les sites sentinelles comme élément déterminant la future classification des insecticides PID

2013 -2017 Élargissement de la CPS à tous les districts (sur un total de 343 752 enfants ciblés dans cinq districts), en utilisant deux séries de SP+AQ et deux séries d'AQ

- 2014 L'IRS se tourne vers les organophosphates, après l'identification de la demi-vie courte des carbamates et de la résistance aux pyréthroïdes³
RDT rendus gratuits pour tous les âges³
Passages de deux doses de SP à trois doses ou plus de TPIg
- 2015 Début des audits réguliers des données aux niveaux des districts et des régions sanitaires¹
Formation de tous les professionnels de la santé sur les lignes directrices concernant le paludisme pendant la grossesse³
L'IRS, soutenue par la PMI, réduit à deux districts, en raison des coûts associés à la transition organophosphorée
MIS 2015 réalisé
Mise en place du Système d'information sur la santé du district 2 (DHIS 2) et intégration aux Reports Trimestriels d'Activités (RTA) et au SLIS¹⁰⁸
- 2015 -2016 Études TES à Sélingué, Missira, avec les groupes de traitement AL et AS+AQ CTA, les deux semblent être efficaces
- 2016 Le DHIS 2 remplace le Développement Sanitaire du Mali (DESAM)¹
Le Fonds mondial approuve la note conceptuelle du Mali pour environ 70 millions USD³
La PMI obtient 1,25 million de MII pour la distribution via des voies habituelles³
L'aide provenant du projet UNITAID de Nouvelle génération de pulvérisation intradomestique à effet rémanent (Next Generation Indoor Residual Spraying/NGenIRS) permet l'expansion de l'IRS à Baroueli, Fana et Koulikoro
La PMI soutient la grande campagne de distribution d'un million de moustiquaires à Gao et à Tombouctou³
Le PNLP initie la production de bulletins mensuels d'indicateurs relatifs au paludisme³
- 2017 Le Fonds mondial soutient la grande campagne de 3,2 millions de MII à Kayes et Mopti, afin de remplacer celles distribuées en 2013 et 2014³
Création d'un groupe de travail technique de S&E du paludisme entre le NMCP, la PMI, le Fonds mondial et d'autres partenaires³
TES à Sélingué, Missira, avec des groupes de traitement comprenant AL, AS/AQ et SP/AS/AQ (chez les enfants parasitémiqes pendant la CPS)³
Passage à l'utilisation des PID dans quatre districts de la région de Mopti suite à l'évaluation des résultats du MIS et achèvement des PID dans les districts auparavant désignés³
- 2018 Le Fonds mondial approuve la note conceptuelle 2019-2021 du Mali pour environ 47 millions d'euros.
DHS 2018 à réaliser

Plan stratégique de lutte contre le paludisme 2018-2022

Le cadre actuel émis par le PNLP, qui traite du fardeau du paludisme dans le pays, est le Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022, qui utilise une mosaïque de stratégies pour lutter contre le paludisme en raison de sa diversité dans tout le pays. Le Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022 a remplacé la stratégie pour les années 2013-2017.

Le but du PNLP en vertu de cette stratégie est de garantir un accès universel et équitable aux interventions de lutte contre le paludisme dans le cadre de la politique nationale de santé, en vue de créer un « Mali sans paludisme » d'ici 2030.¹ Les objectifs de la stratégie actuelle visent à réduire le taux de mortalité lié au paludisme d'au moins 50 % par rapport à 2015 ; à réduire l'incidence du paludisme d'au moins 50 % par rapport à 2015 ; et à renforcer la capacité de coordination et de gestion du PNLP à tous les niveaux.

Pour atteindre ces objectifs et réduire le fardeau du paludisme, la stratégie poursuit les objectifs suivants :

- 1) Cibler des interventions en fonction des caractéristiques épidémiologiques ;
- 2) Maintenir l'accès à des interventions de qualité et en assurer une couverture élevée ;
- 3) Renforcer des approches communautaires ;
- 4) Améliorer les capacités de coordination et de gestion ;
- 5) Renforcer les partenariats, en particulier dans le secteur privé ;
- 6) Contribuer à la durabilité au sein du système de santé ; et
- 7) Promouvoir les interventions de surveillance du paludisme.

Un aperçu des interventions nationales actuelles contre le paludisme

Lutte antivectorielle

La lutte antivectorielle au Mali est guidée par la Stratégie nationale de lutte antivectorielle de 2015. Le Mali poursuit la lutte antivectorielle grâce à la couverture universelle des MILD, au renforcement des capacités, à la diffusion des PID dans les districts ciblés, à la lutte ciblée contre les larves, à la gestion de la résistance aux insecticides et à la collaboration avec le secteur privé.¹ Le plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022 vise à protéger 80 % de la population ciblée par les PID, à traiter 95 % des sites de reproduction de moustiques et à encourager l'utilisation régulière des MILD par 80 % de la population à risque d'ici 2022.

Le PNLP définit la couverture universelle des MILD en une seule MILD pour deux personnes.¹ Le PNLP distribue les MILD par le biais de campagnes massives et de distributions de soins prénatals de routine. Les campagnes de distribution massive de MILD sont d'abord organisées au niveau du district sanitaire, tandis que les femmes enceintes sont ciblées dès leur première visite prénatale et reçoivent un coupon MILD. L'efficacité des MILD est contrôlée à partir de la distribution massive à trois ou six mois pour déterminer leur performance sur le terrain.¹

Conformément au manuel opérationnel PID de l'OMS, les PID sont effectuées chaque année dans les districts ciblés avant les périodes de transmission élevées.¹ Les sites sentinelles exploités par le PNLP et ses partenaires collectent des données entomologiques pertinentes pour soutenir le ciblage des PID. Les données sentinelles sont complétées par la cartographie des ménages à des fins opérationnelles. Des études post-traitement des structures pulvérisées sont menées pour surveiller la persistance des insecticides, afin de s'assurer que les pratiques respectent les seuils de l'OMS.¹

La lutte contre les larves est entreprise par le PNLP et ses partenaires à la suite d'une enquête entomologique/épidémiologique élémentaire et ciblée, et d'une cartographie des sites de reproduction. Grâce à l'identification des vecteurs, les sites de reproduction dans certaines régions peuvent être ciblés et détruits par le drainage, le remblayage et la modification du paysage, complétés par des efforts d'assainissement de base menés par les communautés et les ONG.¹

Le suivi de la résistance aux insecticides est effectué par la collecte de données entomologiques dans certains districts sanitaires ciblés pour les PID, avec un suivi annuel de la résistance aux vecteurs. Dans le cadre du Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022, les PID sont supervisées au niveau du district pour la surveillance de la résistance, avec des données pertinentes gérées par des sites sentinelles. Deux tests de sensibilité des vecteurs ont été effectués sur des insecticides dans des sites sentinelles depuis 2013.¹ Les sélections de classe d'insecticides de PID sont basées sur ces données.³

Politique en matière de médicaments

Conformément au PDDSS, la Politique Pharmaceutique Nationale (PPN) a stipulé la nécessité d'un accès équitable à des médicaments essentiels de qualité.¹ L'appel à un accès équitable à des médicaments de qualité se retrouve dans le Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2013-2017, qui préconise un système de chaîne d'approvisionnement fonctionnel pour la fourniture d'antipaludiques.³ Dans le secteur public, la PPM gère les achats centralisés et les fournitures de médicaments essentiels. Ces médicaments sont stockés dans des établissements régionaux de PPM à des fins d'approvisionnement de district, à l'exception de Gao, Kidal, Ménaka et Taoudénit.¹ Les communautés obtiennent des fournitures médicales dans les dépôts des centres de santé.¹

Le PNLP collabore avec l'USAID/PMI, via le Système d'amélioration de l'accès aux produits et services pharmaceutiques (SIAPS), la Direction de la Pharmacie et du Médicament (DPM) et la PPM pour améliorer le système de fourniture de médicaments

antipaludiques selon le SDADME, révisé en 2010.¹ La consommation de produits de lutte contre le paludisme est suivie par un outil : l'Outil de Suivi des Produits de Santé (OSPSanté). Les acquisitions entre 2013 et 2017 des MILD, TDR, CTA, SP, SP/AQ sont considérées comme adéquates selon le PNLP. Cependant, il a été constaté que l'AS injectable présentait une offre limitée.¹

Les antipaludiques font l'objet d'un contrôle de qualité conformément aux normes internationales, les laboratoires nationaux de santé effectuant des contrôles de qualité avant la distribution des médicaments.¹ En théorie, les contrôles randomisés sont également effectués par les mêmes laboratoires au niveau local, lors des visites de supervision. Des analyses supplémentaires peuvent être menées au niveau régional en utilisant des kits de contrôle de qualité en laboratoire équipés par l'USAID/PMI en 2010. Malheureusement, le stockage des antipaludiques a été jugé inadéquat.¹ La Direction de la réglementation des médicaments appuie le système d'alerte et d'intervention concernant les médicaments de qualité inférieure.³

Selon le Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022, les diagnostics de TDR et de microscopie sont gratuits pour les femmes enceintes et les enfants de moins de cinq ans. Les services de microscopie ne sont offerts que dans les établissements de santé disposant d'un laboratoire affilié.¹

En 2018, le PNLP a recommandé l'utilisation de l'artémisinine-luméfántrine (AL) comme traitement de première intention et de l'artésunate-amodiaquine (AS/AQ) comme traitement alternatif des cas de paludisme confirmés par TDR ou microscopie.¹ Les polythérapies à base d'artémisinine (ACT) sont utilisées à tous les niveaux, pour traiter les cas de paludisme simple, et devraient être librement accessibles aux femmes enceintes et aux enfants de moins de cinq ans. Les ACT doivent être utilisées dès le deuxième trimestre de la grossesse.¹

Les cas graves de paludisme doivent être traités à l'aide d'artémisinine injectable (artésunate ou artéméther) ou de quinine.

Gestion communautaire

La gestion communautaire était tout récemment un point focal de la note conceptuelle 2016-2018 soumise au Fonds mondial.¹ Les dispositions du Fonds mondial devraient mobiliser les partenaires pour assurer la motivation des agents de santé, élargir l'ensemble de soins offerts au niveau communautaire (notamment les enfants de trois à six mois et ceux de plus de cinq ans), améliorer l'intégration des organisations humanitaires dans les zones en conflit, associer la gestion de la tuberculose et celle du paludisme, inclure les données sur le paludisme provenant des agents de santé communautaires dans les données de surveillance épidémiologique, et communiquer les stratégies de gestion communautaire.¹

La gestion communautaire a été adoptée en tant que politique de l'iCCM en 2010, complétée par un traitement actualisé du paludisme aigu et des lignes directrices avant le renvoi.³ Les ASC sont en grande partie responsables des tests de TRD, de l'administration d'ACT et de la CPS via l'iCCM.³

Les diagnostics effectués par les TDR au niveau communautaire sont réalisés par les ASC, s'ils ne sont pas réalisés dans un établissement de santé, et la proportion d'enfants de moins de cinq ans suspectés de paludisme a fluctué depuis 2013 selon les données diagnostiques associées. En 2013, 93,66 % des cas suspects ont été évalués avec des tests de diagnostic rapide (TDR), jusqu'à une baisse à 74 % en 2015, avant de passer à 97,06 % en 2017.¹ La proportion d'enfants de moins de cinq ans présentant un paludisme confirmé et traités par des agents de santé communautaires aux ACT a diminué depuis 2013, passant de 110,58 % à 67,96 % en 2017.¹

Le Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022 prévoit la mise en place d'un système de rapport hebdomadaire au niveau communautaire.

Le paludisme chez les femmes enceintes

Au Mali, le paludisme chez les femmes enceintes dépend d'une approche combinée de la distribution des MILD, par le biais des voies de soins prénatals (ANC), du TPIg et de la gestion de cas.³

Le traitement du paludisme simple, au cours du premier trimestre, est la quinine par voie orale, suivie par l'AL dans les deuxième et troisième trimestres. Dans les cas de paludisme aigu, le traitement de première intention est l'artésunate ou l'artéméther injectable.³

La norme actuelle pour le TPIg est de trois doses de SP pendant la grossesse, mise en œuvre par le biais de la DNS et des divisions de santé reproductive respectives.¹ La couverture du TPIg est faible, probablement en raison de la qualité des soins, de la faible demande des femmes enceintes et des retards dans la réception des soins prénatals, malgré une fourniture raisonnable de SP au niveau des établissements.¹

La couverture des soins prénatals a diminué depuis 2015 de 74 % à 57 % en 2017, avec des tendances similaires dans les données de routine concernant le TPIg1 (82 % en 2015 à 72 % en 2017) et la deuxième dose (59 % en 2015 à 51 % en 2017).¹ La couverture du TPIg3 est le seul point devant augmenter de 2015 à 2017, selon 20 % et 35 % respectivement. La proportion des personnes qui ont reçu TPIg3 au cours de leur dernière grossesse a fluctué, mais cela a généralement augmenté, passant de 0 % en 2013 à 22 % en 2015, à 35 % en 2016 et à 23,24 % en 2017.¹

Les indicateurs de couverture des ANC, capturés par la collecte de données de routine, varient légèrement de ceux rapportés dans les enquêtes nationales. L'EDS de 2012 a révélé que la proportion de femmes enceintes recevant deux doses ou plus de SP était de 29 % et que la MIS de 2015 a révélé que ce pourcentage était passé à 38 %.³ Le Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme (2018-2022) vise à couvrir 80 % des femmes enceintes ayant un TPIg d'ici 2022. Des efforts et des études visant à améliorer la prestation de services de soins prénatals sont en cours sous la forme d'ensembles d'interventions améliorés.³

Chimioprévention du paludisme saisonnier

La CPS vise à réduire le risque saisonnier aigu de nouvelles infections, en mettant en place une couverture complète de la prophylaxie du paludisme chez les enfants, dans les

zones où la prolifération des vecteurs est concentrée en quelques mois chaque année.⁸² Des combinaisons de médicaments, avec au moins un médicament associé ayant une longue demi-vie, peuvent réduire les conséquences cliniques des nouvelles infections dans une courte période de transmission.⁸²⁻⁸⁴ Le fardeau clinique du paludisme est élevé chez les enfants dans les zones de transmission extrêmement saisonnière, car les enfants sont plus exposés aux infections synchronisées entraînant des densités hôte-parasite plus élevées et parce que les jeunes enfants ont un niveau d'immunité clinique mal conçues en raison d'immunisations naturelles largement espacées.^{83,85,86}

Les premiers essais de la CPS au Mali ont commencé dans le district de Bandiagara, grâce à une étude de cohorte randomisée dans laquelle un groupe d'enfants a reçu une SP et l'autre n'a reçu aucun traitement avant la saison de transmission.⁸⁷ Les résultats de cette étude ont indiqué que les patients ayant reçu de la SP avaient un temps médian retardé jusqu'à leur premier épisode clinique et que les densités parasitaires lors des épisodes de maladie étaient inférieures à celles du groupe témoin.⁸⁷ Une étude ultérieure a démontré que, dans la CPS avec SP, l'incidence globale du paludisme avait diminué de près de 43 % chez les enfants de six mois à dix ans dans le district de Kambila.⁸⁸

En février 2012, l'OMS a publié une recommandation pour la CPS utilisant la SP et l'AQ tous les mois chez les enfants âgés de trois à 59 mois, principalement dans la région sahélienne de l'Afrique.⁸⁹ En 2012, il a été estimé que 24,9 millions d'enfants de moins de cinq ans vivaient dans des zones propices à la CPS, c'est-à-dire dans des zones du Sahel ou du sous-Sahel présentant une transmission de *P. falciparum* stable, et où 60 % des précipitations annuelles ont été concentrées sur trois mois consécutifs.²⁶ En mai 2013, l'Initiative de Nouakchott a été lancée pour coordonner la réponse de la CPS en Gambie, au Tchad, au Mali, en Mauritanie, au Niger, au Sénégal et, plus tard, au Burkina Faso et au Nigéria.⁹⁰

Entre 2013 et 2017, la CPS a été étendue à tous les districts à l'échelle nationale, augmentant la couverture de 343 752 enfants ciblés dans cinq districts à 3 906 696 enfants dans tous les districts.¹ La couverture de la CPS a dépassé l'objectif de la stratégie 2013-2017 de 80 % des enfants recevant quatre doses de CPS (Figure 13). La décision d'étendre la CPS au niveau national est en grande partie le résultat d'un projet pilote mené dans le district de Koutiala en 2012 par MSF dans 26 villages par le biais de 42 centres de traitement de santé. Cette étude a indiqué une réduction de 42 % des cas de paludisme, avec un coût moyen d'intervention de 4,50 EUR par enfant pour quatre cycles.³

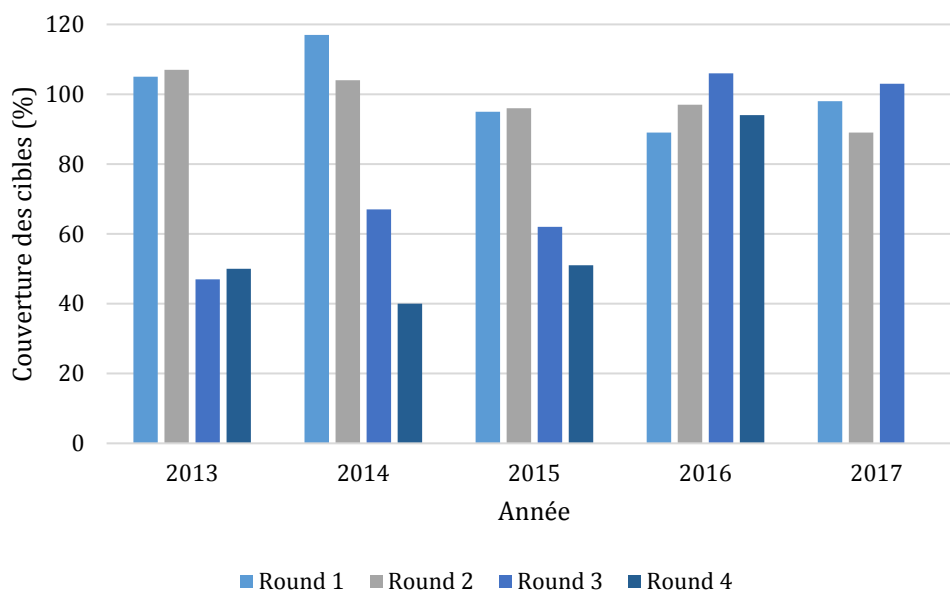


Figure 13 Couverture des cibles de la CPS de 2013 à 2017, à partir des données du Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022

Le Plan Stratégique de Lutte Contre le Paludisme 2018-2022 vise à atteindre une couverture de la CPS de 90 % chez les enfants de trois à 59 mois. La couverture de la CPS doit être complétée par la combinaison de SP et d'AQ pendant les périodes de forte transmission (les cas surviennent principalement dans le nord, de septembre à décembre, et dans le sud, d'août à novembre), une fois par mois pendant quatre mois. Les deux premiers cycles incluront à la fois SP et AQ et les deux dernières doses incluront uniquement l'AQ.¹ La CPS sera réalisée par des agents de santé communautaires avec une stratégie fixe dans les grandes villes et une stratégie mobile dans les petits villages. Les rapports au cours de la campagne seront communiqués quotidiennement au CSCOM, puis transmis au niveau central, une évaluation finale étant menée par le biais d'une enquête nationale.¹

Structure et fonction du Programme national de lutte contre le paludisme

Le PNLN coordonne la lutte antipaludique à tous les niveaux dans les secteurs public et privé. Au niveau central, le PNLN collabore avec les partenaires pour la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation des interventions. Un comité de suivi du paludisme a été créé en 2009 pour superviser la stratégie du PNLN en vigueur. Au niveau régional, le PNLN travaille avec les représentants des districts sanitaires pour améliorer les performances du programme. Le PNLN forme également des praticiens privés à la détection et à la gestion des cas de paludisme, et encourage la collecte régulière de données.¹

Financement de la lutte contre le paludisme

Le PNLN est financé chaque année par le Programme national de développement sanitaire et social, les budgets annuels étant déterminés par un comité d'évaluation.³ Les contributions gouvernementales sont affectées aux salaires, aux bureaux, aux coûts d'exploitation, aux TDR, aux MILD, au CPS et aux ACT.³ Le montant du budget gouvernemental alloué à la santé est passé de 5,65 % en 2003 à 7 % en 2016. Cela

représente la majorité du financement de la santé à 55,4 % par rapport aux partenaires externes à 31,7 %.¹

Les principaux bailleurs de fonds externes en faveur de la lutte contre le paludisme au Mali comprennent le Fonds mondial de lutte contre le VIH, la tuberculose et le paludisme (GTFAM) et PMI/USAID. Ces allocations et les bailleurs de fonds supplémentaires sont représentés graphiquement sur la figure 14.

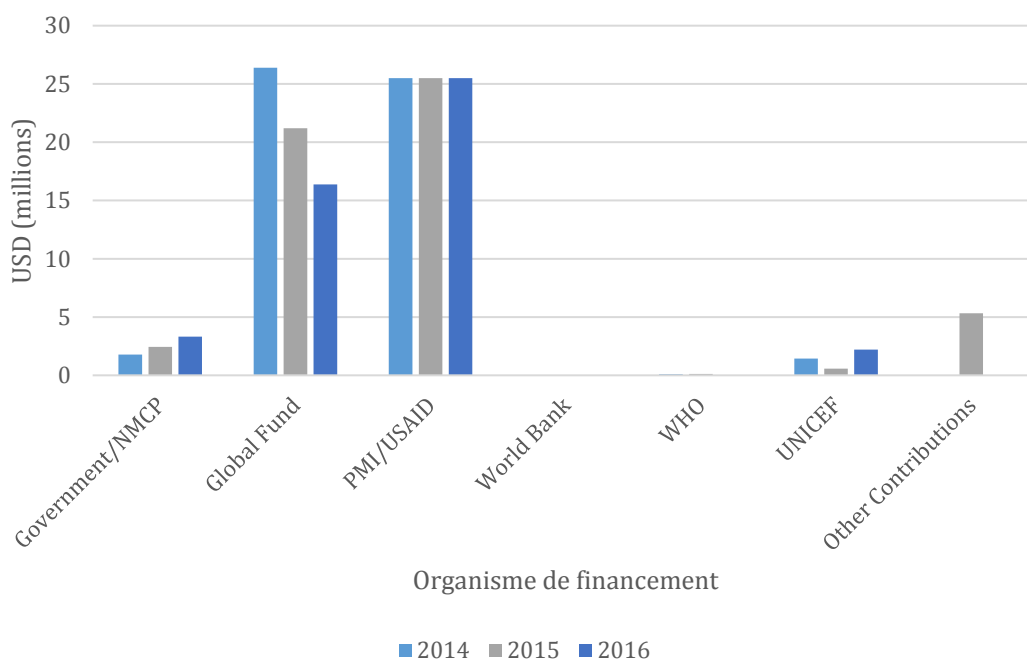


Figure 14 Contributions estimées pour le paludisme déclarées par le Mali, 2014 à 2016 à partir des données du Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022 (adaptées du Rapport mondial sur le paludisme)⁹¹

Le Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme (2018-2022) prévoit un investissement annuel d'environ 15,83 USD par habitant pour la prévention, le contrôle et le traitement du paludisme. Ce montant s'élève à un budget de 334 077 751,05 dollars sur cinq ans. Ces fonds devraient provenir de l'USAID/PMI (28,87 %), du Fonds mondial (9,71 %), du gouvernement (6,39 %), d'autres partenaires (1,92 %) et de l'OMS (0,20 %).¹

Plus de la moitié du budget du PNL (61,52 %) devrait être allouée aux achats et à la gestion des stocks, suivie par la CPS (19,64 %) et le S&E (6,82 %).¹ Une ventilation plus détaillée des dépenses est présentée sur la figure 15.

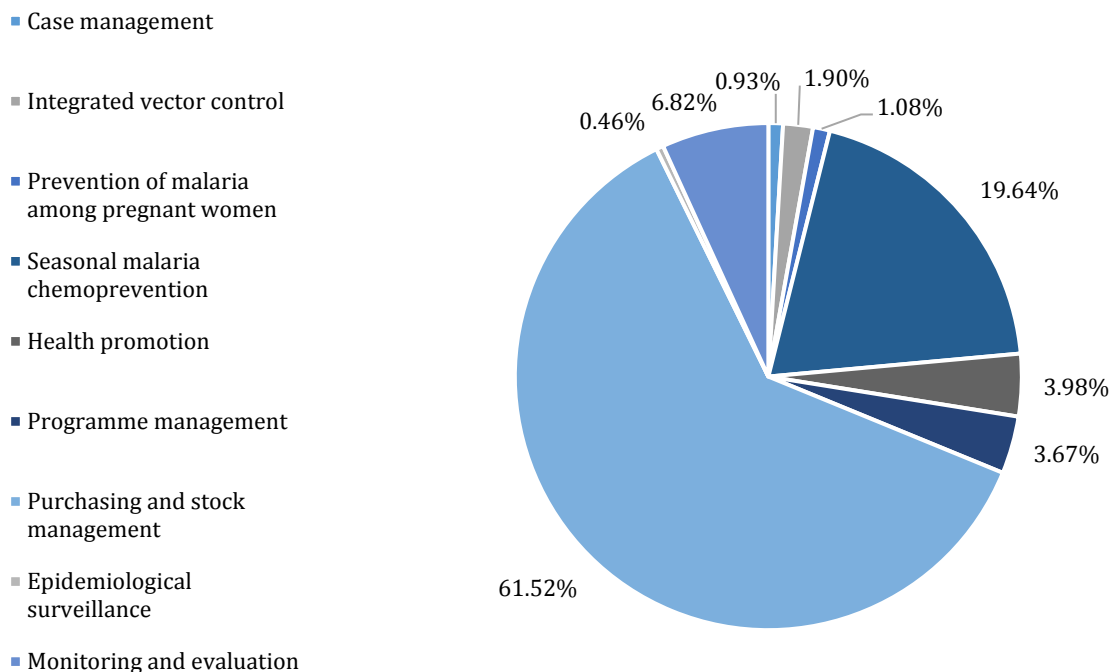


Figure 15 Affectation du budget du PNL (adaptée du budget du Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme pour 2018-2022)

Données pertinentes pour la lutte contre le paludisme

Les données utilisées pour informer la lutte contre le paludisme au Mali proviennent principalement de quatre sources : (i) des informations sanitaires de routine, qui rassemblent des données du système de santé publique et peuvent être complétées par d'autres types de données officielles telles que des informations sociodémographiques ; ii) des données provenant des sites de surveillance sentinelle ; iii) des enquêtes à grande échelle sur les ménages et les établissements de santé ; et (iv) la recherche opérationnelle et des études d'intervention.

Ce rapport décrit brièvement le système d'information sanitaire de routine et les sites sentinelles, et donne des exemples de données générées par la recherche opérationnelle.

Systèmes d'information sanitaire de routine

Les données de routine au Mali ont été initialement collectées via le SLIS, composé par la transmission de données provenant des différentes structures de santé via les Reports Trimestriels d'Activités (RTA). En 2015, le système de Développement Sanitaire du Mali (DESAM) a été intégré au DHIS 2, avec une élaboration de rapports se produisant chaque mois.¹

DHIS 2 a été déployé à l'échelle nationale en 2017 avec des rapports provenant de tous les districts et 75 % provenant de tous les établissements.³ Des données supplémentaires sur les maladies prioritaires (y compris le paludisme) sont collectées au niveau des établissements et envoyées au niveau central par le biais du Système de Surveillance Intégrée des Maladies et de la Riposte (SIMR). À partir de 2015, des audits

réguliers de données sont effectués au niveau des districts et des régions.¹ Les variations entre les rapports dans toutes les zones sanitaires ont été attribuables à l'accès aux ordinateurs (Bamako) et à l'insécurité (Gao, Kidal).³

En ce qui concerne les indicateurs du paludisme collectés par les systèmes de routine, la complétude des données (définie comme le pourcentage des établissements de santé élaborant des rapports chaque mois) s'est considérablement améliorée depuis 2012, passant de 66 % à 76 % en 2014 et plus récemment à 94,7 % en 2016.³ Un tableau de bord spécifique au paludisme est inclus dans le système DHIS 2 et des bulletins mensuels ont été publiés par le PNLN depuis octobre 2016.³

Le Mali dispose de deux grandes instances de coordination du système national d'information sanitaire, notamment le Groupe thématique d'Appui à la Statistique et un comité directeur de mise en œuvre du DHIS 2.

En 2015, la PMI a aidé le personnel du secteur de la santé local et régional à détecter les épidémies et à effectuer des interventions dans les régions de Mopti et du Nord, en utilisant des données de suivi. Le soutien au suivi a été principalement priorisé en réponse à l'épidémie d'Ebola en Afrique de l'Ouest et a été aligné sur le Programme de sécurité sanitaire mondiale, visant à renforcer le système d'information sanitaire du niveau des districts jusqu'aux niveaux nationaux.³

Les données du secteur privé n'ont pas complètement été intégrées dans le système DHIS 2.

Sites sentinelles

Les sites sentinelles de suivi recueillent des données relatives à la morbidité et à la mortalité imputables au paludisme, ainsi que des données de laboratoire, d'entomologie et d'efficacité thérapeutique des médicaments.¹ Des recherches sont menées et des données sont collectées sur ces sites à des fins de prévention et de gestion du paludisme, avec 13 sites actifs depuis 2007.¹

Enquêtes à grande échelle sur les ménages et les établissements de santé

Plusieurs enquêtes de population ont été réalisées au Mali depuis 2006. La première de ces enquêtes était l'EDS de 2006, suivie par une enquête nationale sur l'anémie et la parasitémie en 2010, l'EDS de 2012 et la MIS de 2015. Une EDS de 2018 était en cours au moment de la publication de ce profil.

Les EDS sont des enquêtes auprès des ménages représentatives au niveau national, qui échantillonnent généralement entre 5 000 et 30 000 ménages et sont menées tous les cinq ans. Ces enquêtes sont conçues pour être précises aux niveaux régional et national, mais elles sont moins précises pour fournir des estimations au niveau des districts ou des sous-districts. Les données pertinentes pour le paludisme recueillies par l'EDS sont les suivantes : propriété et utilisation des moustiquaires, prévalence et traitement de la fièvre, couverture des PDI et prévalence de l'anémie. Parfois, ces enquêtes incluent des modules spécifiques au paludisme qui incluent des questions supplémentaires sur les PDI, ainsi que des tests de biomarqueurs pour l'anémie et le paludisme. L'EDS est

effectuée à différents moments de l'année, sans tenir compte spécifiquement de la saisonnalité du paludisme.

Contrairement à l'EDS, la MIS est une enquête indépendante auprès des ménages qui collecte des données nationales, régionales et/ou provinciales. Ces enquêtes sont programmées en fonction des saisons de transmission du paludisme et collectent des données pour un ensemble d'indicateurs du paludisme. Les indicateurs clés de la MIS incluent les points suivants :

- La possession de MILD par les ménages ainsi que leur utilisation, en particulier par les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes ;
- Le type et le calendrier du traitement de forte fièvre chez les enfants de moins de cinq ans ;
- Analyse sanguine diagnostique chez les enfants de moins de cinq ans ayant de la fièvre
- Couverture de TPIg1-3 ; et
- Couverture des PDI.

La MIS peut également collecter des données sur les parasites du paludisme et l'anémie à l'aide de TDR ou de microscopie à champ.

Résultats des récentes principales enquêtes auprès des ménages

Au Mali, cinq EDS standard ont été réalisées en 1987, 1995-1996, 2001, 2006 et 2012-2013. L'EDS de 2006 a été le premier à capturer les données sur le paludisme grâce à un module sur les moustiquaires. Dans l'EDS de 2012-2013, des modules supplémentaires sur le paludisme ont été ajoutés, capturant des informations sur les moustiquaires et les diagnostics. Une enquête spéciale sur l'anémie et la prévalence des parasites chez les enfants (EA&P) a été menée à bien en 2010, tout comme une MIS en 2015. Les résultats des enquêtes les plus récentes sont résumés ci-dessous.

EDS de 2006

L'EDS de 2006 a identifié que 62 % des ménages possédaient au moins une MII, 27 % des enfants dormant sous une moustiquaire la nuit précédant l'enquête. Parmi les femmes enceintes âgées de 15 à 49 ans, 28,9 % ont dormi sous une MII la nuit précédant l'enquête.

Selon l'EDS de 2006, 4 % des femmes enceintes ont reçu au moins deux doses de SP/Fansidar lors d'une visite de soins prénatals.

EA&P de 2010

L'EA&P de 2010 a identifié que la prévalence du paludisme chez les enfants de 6 à 59 mois par microscopie était de 37,5 %, les taux les plus élevés étant observés à Sikasso

(59,2 %) et à Mopti (47,4 %). Viennent ensuite Ségou (42,1 %), Koulikoro (41,8 %), Kayes (28,6 %), Tombouctou-Gao-Kidal (16,8 %) et Bamako (2,2 %).

L'EA&P de 2010 a révélé que la prévalence de l'anémie (mesurée par des taux d'hémoglobine inférieurs à 8,0 g/dl) était de 26 % chez les enfants de moins de cinq ans, les cas les plus graves étant chez les enfants de 12 à 17 mois.

L'EA&P de 2010 a identifié que 84,7 % des ménages avaient au moins une MILD, avec 70 % des enfants de moins de cinq ans utilisant une MILD la nuit précédant l'enquête. Parmi les femmes âgées de 15 à 49 ans, 62,7 % utilisaient une MILD la nuit précédant l'enquête.

EDS de 2012-2013

Bien que le nord du pays n'ait pas été saisi dans l'EDS de 2012-2013, la prévalence du paludisme était la plus élevée à Mopti (71 %) et la plus faible à Bamako (10 %). La prévalence à Kayes était relativement faible (37 %) par rapport à Koulikoro (50 %), à Ségou (56 %) et à Sikasso (62 %).

L'EDS de 2012-2013 a révélé que la prévalence du paludisme chez les enfants âgés de six à 59 mois, testés par microscopie, était de 52 % et indiquait une tendance à la hausse avec l'âge de l'enfant. La prévalence de l'anémie était particulièrement élevée, 21 % des enfants âgés de six à 59 mois présentaient des tests positifs, les taux les plus élevés étant enregistrés dans la tranche d'âge des 18 à 23 mois.

L'EDS de 2012-2013 a indiqué que 65 % des ménages avaient au moins une MII, tandis que 61 % utilisaient la moustiquaire la nuit précédant l'enquête. L'utilisation des MII a augmenté de 2006 à 2012 - 2013, passant respectivement de 27 à 69 % chez les enfants de moins de cinq ans et de 29 à 73 % respectivement chez les femmes enceintes âgées de 15 à 49 ans.

Selon l'EDS de 2012-2013, au moins 20 % des femmes enceintes ont reçu au moins deux doses de SP, dont au moins une lors d'une visite de soins prénatals.

MIS de 2015

La MIS de 2015 a identifié (à l'exception de Mopti et Bamako) que la tendance de la prévalence parasitaire a changé par région depuis l'EDS de 2012-2013. Mopti a encore une fois enregistré le taux de prévalence le plus élevé (60 %), suivie de Sikasso (42 %), Ségou (37 %), Koulikoro (35 %), Kayes (27 %) et Bamako (6 %).

La prévalence de l'anémie chez les enfants âgés de six à 59 mois testés par microscopie était de 20 %, la tranche d'âge des 18 à 23 mois restant la principale source de contribution.

La MIS de 2015 indiquait que 70 % des ménages avaient accès aux MII, 64 % dormant sous une moustiquaire la nuit précédant l'enquête. 71 % des enfants de moins de cinq ans et 78 % des femmes enceintes de 15 à 49 ans signalés dormaient sous une moustiquaire la nuit précédant l'enquête.

Selon la MIS de 2015, au moins 38 % des femmes enceintes ont reçu au moins deux doses de SP, dont au moins une lors d'une visite de soins prénatals.

Élucidation des résultats de l'enquête

Les progrès en matière de lutte ne devraient pas être homogènes et il deviendra de plus en plus important de comprendre les variations de l'épidémiologie du paludisme avec une plus grande résolution spatiale. L'EDS, la MIS et autres enquêtes auprès des ménages représentatives au niveau national sont conçues pour être représentatives au niveau régional (bien que les domaines contiennent des districts qui partagent le même fardeau du paludisme ou qui ont une intervention antipaludique partagée devant être examinée).

Les méthodes de modélisation présentées dans les sections suivantes offrent une approche pour exploiter les données de ces enquêtes représentatives au niveau national, afin d'offrir des estimations au niveau du district.

1.9 Résistance et réaction aux médicaments et insecticides

Résistance aux médicaments

Des études d'efficacité thérapeutique (TES) ont été réalisées en 2015 et 2016 à Sélingué, Missira, avec des groupes de traitement de soins prénatals AL et AS/AQ. Parmi les génotypes réalisés sur 309 échantillons pour les marqueurs K13, un seul présentait une mutation non associée à une résistance à l'artémisinine. Le traitement AL et AS/AQ semble toujours être efficace.³

Depuis 2017, il y a eu des TES en cours à Sélingué, Missira, avec des groupes de traitement comprenant AL, AS/AQ et SP/AS/AQ (chez les enfants parasitémiqes pendant la CPS) Deux autres études sur les mêmes sites seront réalisées en 2018, séparant le groupe de la CPS des autres.³

Résistance aux insecticides

Les premières études sur la résistance aux insecticides ont été réalisées autour du barrage hydroélectrique de Sélingué en 1984 et ont indiqué que le complexe *An. gambiae* était sensible au DDT, aux organophosphates (téméphos, chlorpyrifos, fenthion, fénitrothion et malathion), mais résistants à la dieldrine.⁹² La présence de résistance aux pyréthroïdes de type résistance à l'inactivation (kdr) a été testée sur des échantillons de *An. arabiensis* prélevés à Bamako et Sikasso, et des formes chromosomiques de *An. gambiae* dans les régions de Mopti, de savanes et de Bamako. Cette étude a rapporté que l'allèle kdr était associé à la forme de la savane et présent dans des échantillons datant de 1987.⁹³ Cependant, une étude ultérieure a montré une augmentation de la fréquence de l'allèle kdr et de sa présence dans la forme de Bamako et de son absence dans la forme M de *An. gambiae*.⁹⁴

Les données entomologiques sont collectées sur des sites de PDI, ainsi que sur des sites de suivi sélectionnés au niveau national.³ Les insecticides utilisés pour les PDI ont été remplacés à la suite de ce suivi, les pyréthroïdes et les carbamates (utilisés de 2008 à

2013) ayant été transformés en organophosphates en 2014, après avoir détecté respectivement une résistance et une identification de demi-vie courte. Les données de 2016 indiquent une résistance généralisée au DDT et aux pyréthroïdes (deltaméthrine et perméthrine), mais une sensibilité aux organophosphates (pirimiphos-méthyl) et aux carbamates.³ La mortalité des moustiques varie pour la perméthrine (de 28 % à 93 %) et la deltaméthrine chez *An. gambiae* spp. (53 % à 91 %). L'efficacité réduite a été attribuée aux murs en terre, typiques des structures maliennes, et le plâtrage avec le kaolin post-PDI est à l'étude.³ La résistance aux pyréthroïdes est particulièrement préoccupante en raison de l'utilisation par le Mali des MII/MILD à des fins de réduction du paludisme.

D'autres rapports sur la résistance aux insecticides ont démontré la résistance aux organochlorés, aux pyréthroïdes, aux carbamates et aux organophosphorés. Une étude, réalisée en 2015 à l'aide de tests en tube de l'OMS et d'une réaction en chaîne par polymérase (PCR) identifiée par des mutations associées à la résistance, a fourni des informations complètes sur la résistance à travers les classes d'insecticides.⁹⁵ L'étude de 2015 a identifié une résistance au DDT s'élevant à 4 % à Kita, Koulikoro, Kati, Niono, Bla, Baraoueli, Bougouni, Silengue, Kadiolo, Bandiagara, Bankass, Djenné et Bamako. La résistance à la deltaméthrine à 0,05 % a été identifiée à Bandiagara, Bankass et Djenné, avec une résistance possible à Bougouni. La résistance à la lambda-cyhalothrine à 0,05 % a été identifiée à Kita, Koulikoro, Kati, Niono, Bla, Baraoueli, Silengue, Kadiolo et Bamako. La résistance au bendiocarbe à 0,01 % a été identifiée à Kita, Bla, Bougouni et Kadiolo, tandis que la résistance possible au fénitrothion à 1 % a été identifiée à Niono, Baraoueli et Bougouni. Le développement évident des mécanismes de résistance dans *An. coluzzii*, *An. gambiae* s.s. et *An. arabiensis*, avec des changements à kdr, ace-1^R, monoxygénases et estérases, constituait une préoccupation supplémentaire.⁹⁵

Les capacités de résistance au Mali sont supposées résulter de l'utilisation de pesticides à des fins agricoles et du déploiement de MILD et de PID en tant qu'interventions de santé publique.⁹⁵

1.10 Historique de la cartographie des risques au Mali

Les premières années : 1900-1999

La plupart des premières descriptions de l'épidémiologie du paludisme au Soudan français (Mali) étaient basées sur des études entomologiques qui décrivaient le vecteur *Anopheles* spp.⁹⁶⁻⁹⁹ Ces études ont confirmé la prédominance du complexe *An. Gambiae*.^{96,98} Une autre espèce, *An. funestus*, s'est également avérée être répandue. Les premiers chercheurs français ont également décrit les niches écologiques habitées par les moustiques, en utilisant la vaste catégorisation climatique qui a depuis été adoptée pour décrire l'écologie contemporaine du paludisme au Mali.^{2,96,98} Ces zones sont les suivantes : la zone saharienne (zone désertique du Sahara), la zone sahélienne (précipitations annuelles moyennes de 250 à 500 mm), la zone soudano-sahélienne (également appelée savane sèche, précipitations annuelles moyennes de 500 à 900 mm), zone soudanienne (également connue sous le nom de savane humide, précipitations annuelles moyennes de 900 à 1100 mm) et zone guinéenne (précipitations annuelles moyennes > 1100 mm). À plusieurs reprises, il est fait référence aux différentes combinaisons de ces zones, soit en tant que zones sahariennes-sahéliennes ou zones soudano-guinéennes.

Dans ces écologies climatiques, des études épidémiologiques sur les taux d'infection par le paludisme chez l'homme ont commencé au début des années 1900 et se sont initialement concentrées à Bamako. En 1909, la prévalence de *P. falciparum* atteignait 33 % dans un endroit et 20 % dans deux endroits en 1914.¹⁰⁰ Une prévalence beaucoup plus élevée, parmi un échantillon plus petit d'environ 79 % en 1922, a été rapportée dans une région de Bamako.¹⁰¹ Sautet et Marneffe (1943) ont mené en 1942 une étude sur 17 sites à Gao, Mopti et Tomboctou sur l'épidémiologie du paludisme et de la bilharziose, la prévalence de *P. falciparum* variant de 6 à 54 %.¹⁰² La plus grande enquête paludométrique réalisée dans les premières années au Mali a peut-être été effectuée en 1955 et 1956 dans les régions de Gao, Kidal, Koulikoro, Mopti, Sikasso et Ségou, et était organisée par le Centre Muraz à Bobo-Dioulasso, au Burkina Faso.¹⁰³ Des enquêtes ont été menées dans 358 villages, la prévalence de *P. falciparum* étant supérieure à 50 % signalée à Mopti, Segou et Sikasso.

Pendant le reste de la période allant de 1956 à 1999, plusieurs études parasitologiques de différentes tailles d'échantillon ont été entreprises au Mali, mais beaucoup d'entre elles ne portaient que sur une poignée de sites ou de régions. Au moment de la création du PNLN en 1993, la compréhension générale de l'épidémiologie du paludisme au Mali consistait en une transmission croissante vers le sud en partance de la zone saharienne (considérée avoir une transmission très faible et à risque d'épidémies) en direction de la zone guinéenne (où la transmission allait d'hyperendémique à holoendémique).² La fréquence et la taille des études parasitologiques ont considérablement augmenté après la création du MRTN en 1992.

Stratification des risques de paludisme : 2000 -2013

En 2000, une carte de la durée de la saison de transmission du paludisme en Afrique a été élaborée dans le cadre du projet de l'Atlas des risques de malaria en Afrique (ARMA) (Figure 16).

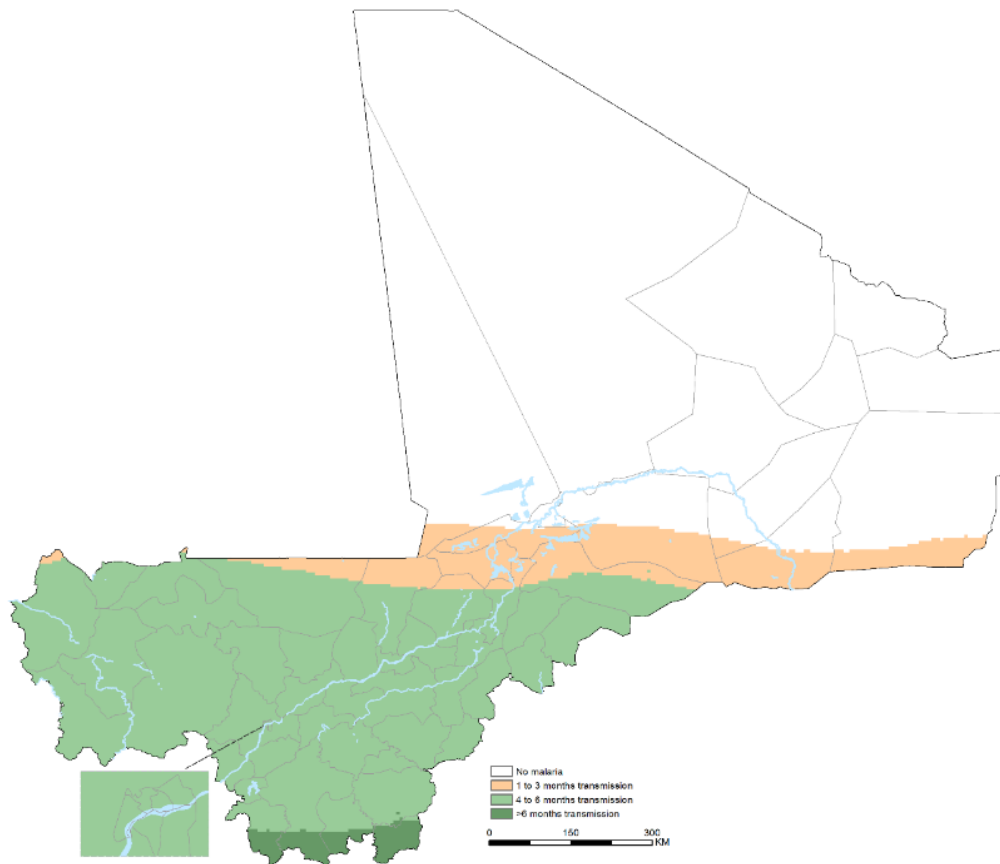


Figure 16 Carte des saisons climatiques du paludisme ARMAⁱⁱⁱ

La première carte géostatistique malienne des risques de paludisme, basée sur la prévalence, a été élaborée à partir des données sur les taux de parasites chez les enfants de moins de dix ans, provenant de 101 emplacements d'enquête de 1960 à 2000.¹⁰⁴ Cette carte (Figure 17) a été développée en combinant les données sur les taux de parasites avec les données climatiques, topographiques et démographiques dans une approche de régression et de krigeage.

ⁱⁱⁱ Les modèles ARMA de saisonnalité sont définis en combinant les seuils de température et de précipitations, et un mois catalyseur. Les zones où les températures annuelles moyennes étaient inférieures à 5 °C ont été considérées comme n'ayant pas connu de saison de transmission du paludisme. Un pixel était considéré comme « saisonnier » si la plage de température variait considérablement ou si les précipitations annuelles étaient inférieures à 720 mm. Les zones saisonnières sont classées selon le nombre de mois moyens dans lesquels la température était supérieure à 22 °C et les précipitations étaient supérieures à 60 mm dans une fenêtre mobile de trois mois, et dans lesquels au moins un mois de conditions hautement appropriées (> 22 °C, > 80 mm) s'est manifesté comme mois catalyseur. Pour les zones considérées comme « stables », les valeurs équivalentes étaient de 19,5 °C et de 80 mm, sans obligation de mois catalyseur.

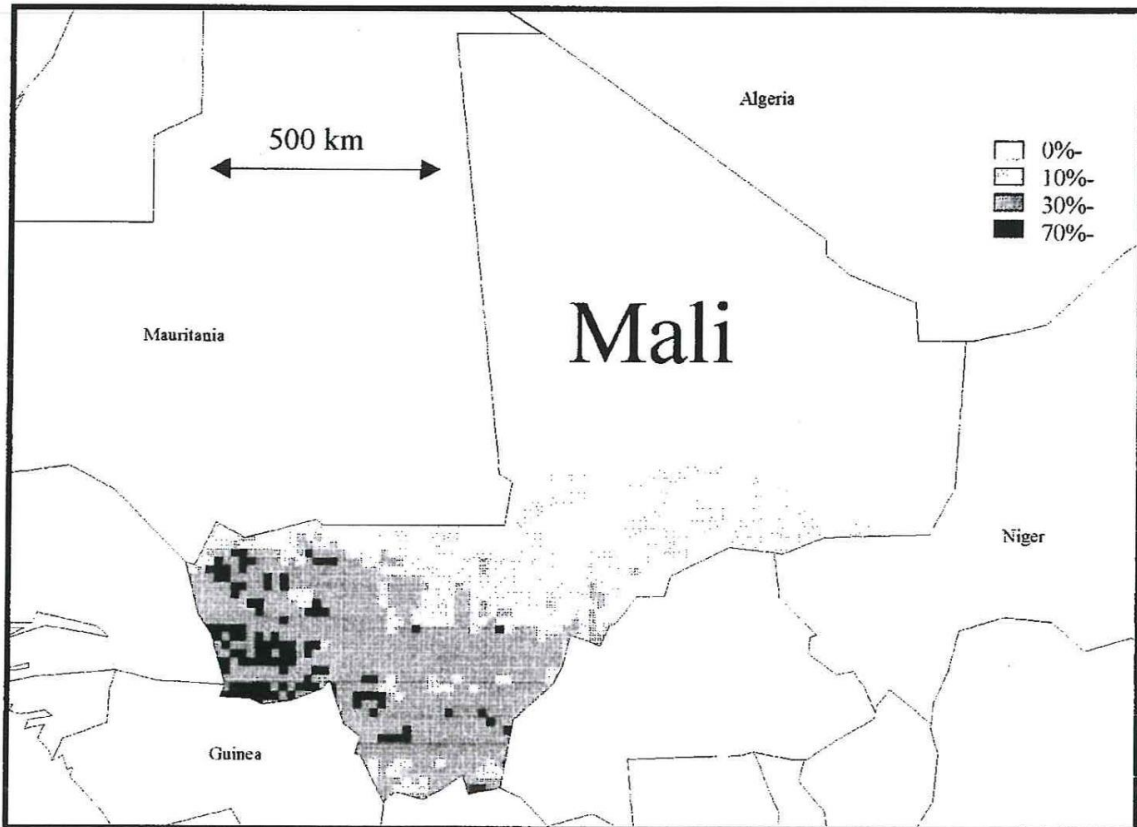


Figure 17 Carte des risques de paludisme au Mali en 2000, prédits en utilisant une approche de régression et de krigeage¹⁰⁴

Une carte, combinant les informations sur les zones climatiques, les niveaux de prévalence d'infections provenant de diverses études et une durée de la saison de transmission, a été élaborée au moment du lancement du premier plan stratégique national pour la lutte contre le paludisme de 2001 à 2005, après le démarrage de l'initiative RBM.¹⁰⁵ Cette carte (Figure 18) a été développée grâce à une collaboration entre le MRTC et le PNLP et a classé les risques de paludisme au Mali dans cinq zones.

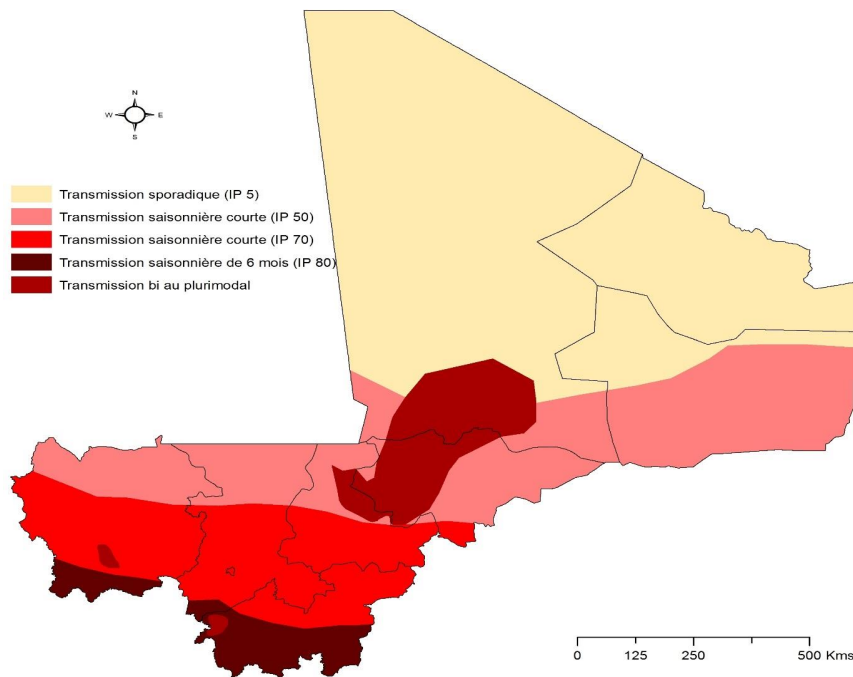


Figure 18 Carte des zones à risque de paludisme^{iv} au Mali développée en utilisant une combinaison semi-quantitative des zones climatiques, de la prévalence des infections et de la durée de la saison de transmission

Une autre carte des risques de paludisme (Figure 19) a été développée en 2001 par Kleinschmidt et al., mais cette carte couvre l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest.¹⁰⁶ La carte a été développée en utilisant 450 points de données d'enquête avec un minimum de 50 personnes examinées entre 1970 et 2001. Les prévisions ont été effectuées séparément dans les principales zones climatiques (zones soudano-sahéliennes, guinéennes et forestières) et normalisées selon la tranche d'âge de deux à moins de dix ans. Aucune prévision n'a été faite dans une grande partie du désert du Sahara. Les prévisions ont été effectuées dans un cadre géostatistique bayésien combinant les données sur les taux de parasites et les covariables environnementales. Pour le Mali, l'analyse a prédit que la plupart des endroits de la zone soudano-guinéenne (où vivaient 67 % de la population en 2001) avaient des taux de *P. falciparum* supérieurs à plus de 30 % chez les enfants de deux à dix ans.

^{iv} **Zone guinéenne** : longue transmission saisonnière ≥ 6 mois. Dans cette zone, le taux de parasites chez les enfants est de ≥ 80 %. L'état d'immunité acquise est obtenue à l'âge de cinq à six ans. **Zone soudanienne** : transmission saisonnière et normalement ≤ 3 mois. Dans cette zone, les taux de parasites chez les enfants se situent entre 50 et 70 %. L'état d'immunité acquise est rarement atteint avant l'âge de neuf à dix ans. **Zone soudano-sahélienne** : zones de transmission bi- ou multimodale, y compris le delta intérieur du fleuve Niger (Niono, Sélingué, Manatali, Markala). Le taux de parasites chez les enfants se situe entre 40 et 50 %. L'anémie reste un phénotype clinique significatif. **Zone saharienne-sahélienne** : transmission sporadique ou épidémique correspondant aux régions du nord et à certaines zones de Koulikoro et Kayes (Nara, Nioro Diéma, Yélimané, Kayes) Le taux de parasites chez les enfants est inférieur à 5 %. Tous les groupes d'âge courent un risque de paludisme grave, et le risque épidémique est élevé chez les populations migrant de cette zone vers le sud. **Zone bimodale ou multimodale** : très propice à l'infection paludéenne, en particulier dans les zones urbaines telles que Bamako et Mopti, où le paludisme est endémique et hypoendémique. Le taux de parasites est normalement inférieur ou égal à 10 % chez les enfants et les groupes plus âgés sont également sensibles au paludisme grave et compliqué.

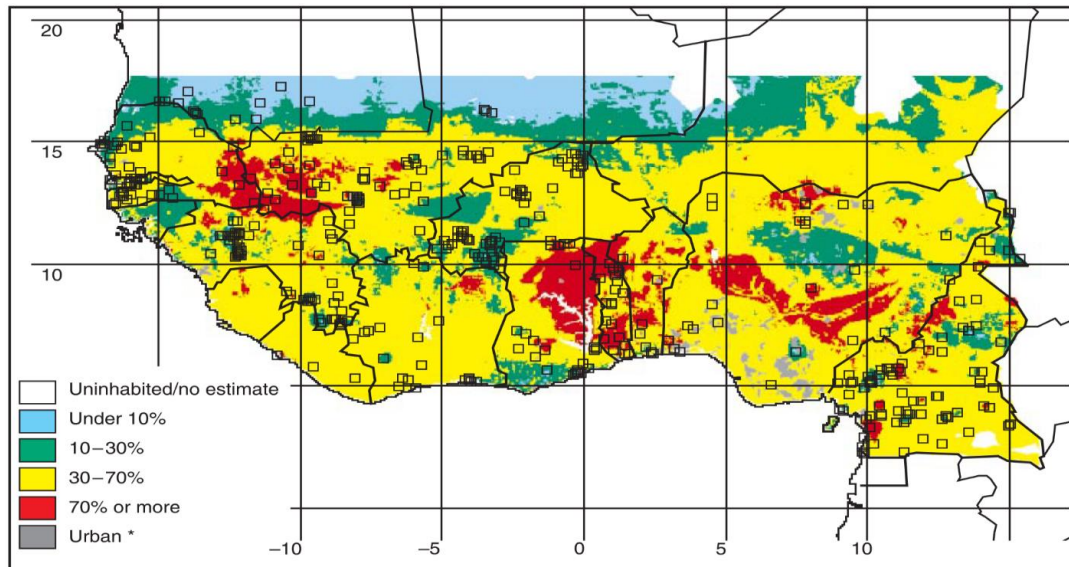


Figure 19 La prévalence prédite des taux de parasites de *P. falciparum* chez les enfants âgés de deux à dix ans en Afrique de l'Ouest a anticipé l'utilisation de 450 enquêtes sur des parasites, avec un échantillon minimum de 50 personnes examinées entre 1970 et 2001¹⁰⁶

Une carte des taux d'inoculation entomologique (EIR) a été élaborée par le projet ARMA en 2006 à partir des données de 164 enquêtes recueillies entre 1965 et 1998 (Figure 20).¹⁰⁷ Les estimations de l'EIR ont d'abord été obtenues en adaptant le modèle de Garki aux données de prévalence du parasite.¹⁰⁸

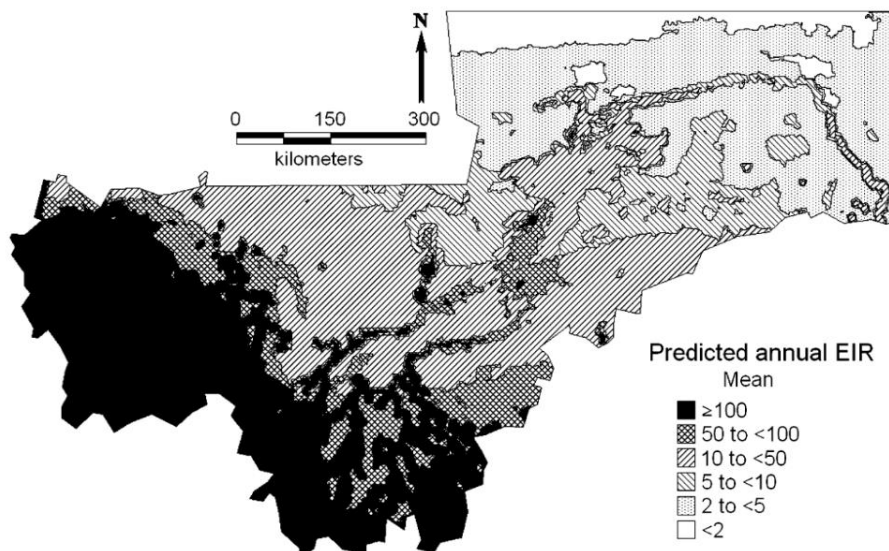


Figure 20 Prévision spatiale du taux annuel moyen d'inoculation entomologique au Mali à partir de 164 données d'enquête, dans 147 emplacements de 1965 à 1998, collectées par l'ARMA. La carte ne montre pas la plupart des régions du nord qui coïncident avec le désert du Sahara¹⁰⁷

La modélisation spatiale de l'EIR a ensuite été mise en œuvre en utilisant des méthodes géostatistiques bayésiennes avec la même variable climatique utilisée par Kleinschmidt et al (2000) à des fins d'estimation. Ces estimations ont ensuite été reconverties en prédictions de la prévalence du parasite en fonction de l'âge (moins de cinq ans, et de deux à moins de dix ans). Les cartes parasitaires (Figure 21) ont indiqué que le taux de parasites parmi les deux groupes d'âge était supérieur à 20 % au Mali, en dessous du désert du Sahara, avec des taux supérieurs à 80 % dans la majeure partie de la zone soudano-guinéenne.

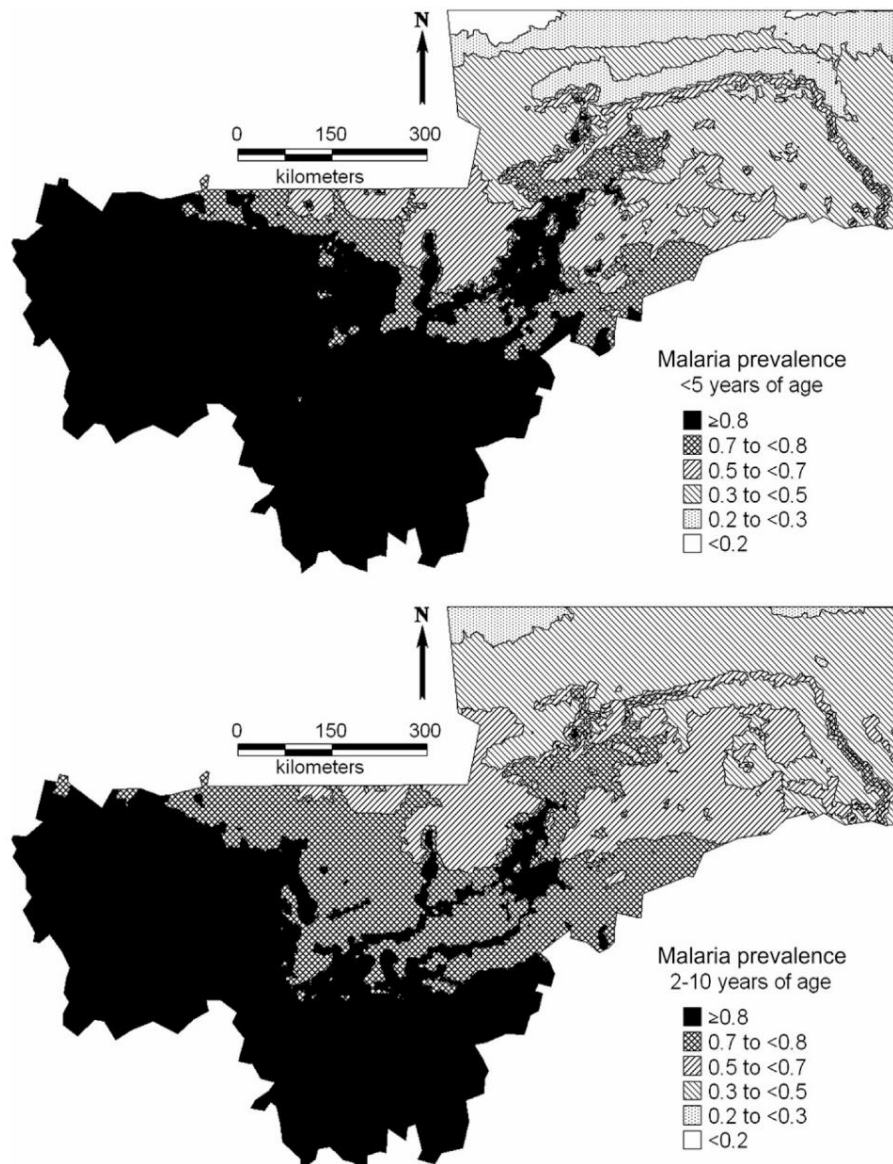


Figure 21 La prédiction spatiale des taux de parasites spécifiques à l'âge au Mali est issue d'une conversion de l'EIR à l'aide d'un modèle mathématique. Les cartes ne montrent pas la plupart des régions du nord qui coïncident avec le désert du Sahara¹⁰⁷

La prévalence de *P. falciparum*, chez les enfants âgés de 1 à 10 ans au Mali entre 1977 et 1995, a ensuite été cartographiée par Gosoni et ses collègues en utilisant 89 points de données.¹⁰⁹ Cette carte (Figure 22) a comparé les résultats des modèles stationnaires et de ceux non stationnaires, et ont utilisé les covariables de la durée des saisons, de la végétation, de la température, des précipitations et de la proximité des plans d'eau dans le modèle.¹⁰⁹ L'analyse a montré que les modèles d'eau non stationnaires - qui supposaient une hétérogénéité directionnelle des taux de parasites - donnent de meilleurs résultats. Les cartes de la zone soudano-guinéenne avaient des taux de prévalence de parasites supérieurs à 50 %, alors que la plupart des régions du Sahel avaient une prévalence anticipée inférieure à 20 %.

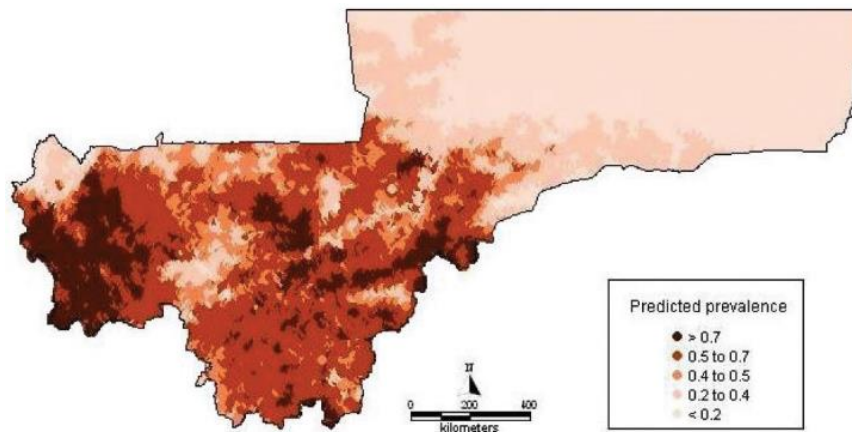


Figure 22 Prévision spatiale des taux de parasites chez les enfants âgés de 1 à 10 ans au Mali, à partir de 89 points de données de 1977 à 1995. La carte ne montre pas la plupart des régions du nord qui coïncident avec le désert du Sahara¹⁰⁹

Une carte de l'intensité de transmission du paludisme, Figure 23, a été incluse dans le plan stratégique national 2013-2017 pour le paludisme.¹⁴ Cette carte était basée sur 114 grappes, provenant de l'enquête nationale sur l'anémie et la prévalence de 2010 auprès des enfants, et sur 413 grappes de l'EDS de 2012-2013.¹¹⁰ La carte a résumé la proportion d'enfants de moins de cinq ans échantillonnés dont le test de dépistage de *P. falciparum* était positif. Les résultats de l'enquête ont été résumés au niveau régional et classés en trois strates : (1) moins de 30 % de prévalence parasitaire (Bamako, Tombouctou, Gao, Kidal) ; (2) 30 à 59 % (Kayes, Koulikoro, Ségou) ; et (3) 60 % ou plus (Mopti, Sikasso).

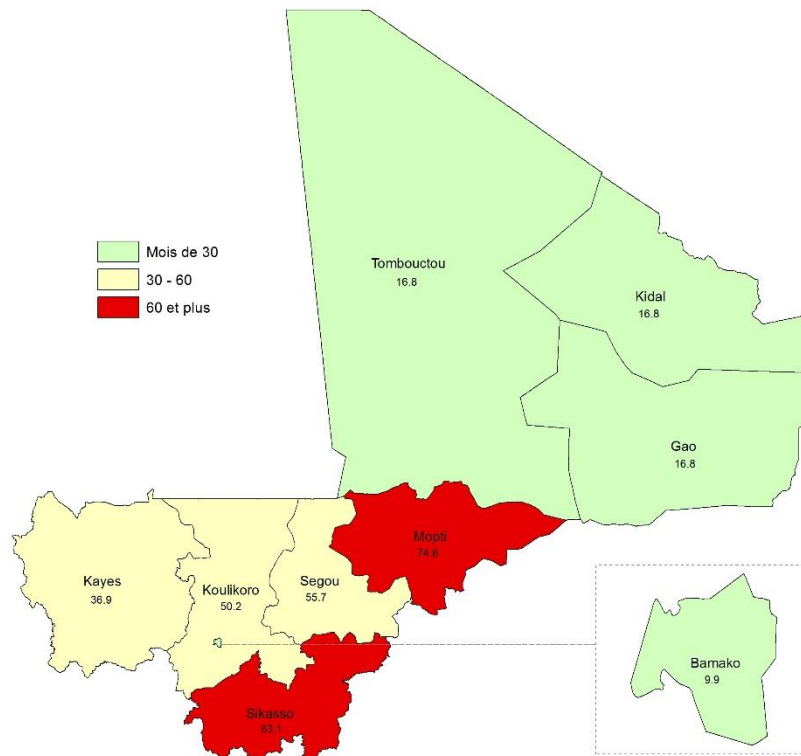


Figure 23 Strates du paludisme basées sur la prévalence du parasite chez les enfants de moins de cinq ans, interrogés lors des enquêtes nationales auprès des ménages de 2010 et de 2013¹¹⁰

2014 jusqu'à maintenant

La cartographie de la prévalence du paludisme et des données d'intervention pertinentes sur le paludisme a été réalisée par le projet LINK en 2014, incluse dans le premier profil épidémiologique du paludisme au Mali généré par LINK. Les cartes de prévalence parasitaire ont été développées à l'aide d'un inventaire complet des données de prévalence géocodées avec des méthodes rigoureuses MBG bayésiennes pour interpoler les estimations de $PfPR_{2-10}$ au Mali en 2000, 2010 et 2013, et des quantités dérivées de risques par district ajustés selon la population. Les données empiriques provenant des rapports d'enquête sur la prévalence parasitaire ont été rassemblées à partir de recherches dans des revues en ligne, d'enquêtes sur des documents à Genève et à Brazzaville, de la bibliothèque de l'Institut Pasteur à Paris, et de contacts avec des universitaires et des groupes de recherche nationaux.

La collection finale comprenait 625 enquêtes de 1980 à 2013, qui ont ensuite été normalisées en fonction du groupe d'âge des enfants âgés de deux à dix ans. Les résultats finaux de ces normalisations ont indiqué que les risques d'infection de *P. falciparum* étaient légèrement supérieurs au cours de la dernière décennie par rapport à la prévalence signalée avant 1999. Cependant, les données de l'enquête ont été dispersées de manière non aléatoire dans le temps et dans l'espace, nécessitant l'application de modèles spatio-temporels hiérarchiques bayésiens mis en œuvre par le biais d'Équations différentielles partielles stochastiques (SPDE) employant des Approximations intégrées de Laplace imbriquées (INLA) pour l'inférence. Outre l'urbanisation, les cartes de prévalence incluaient les covariables des caractéristiques climatiques utilisées pour les précipitations annuelles à long terme, l'indice de

végétation amélioré (EVI) traité par Fourier et un Indice d'aptitude à la température (TSI) tous étant à une résolution spatiale de 1x1 km. En raison de l'aridité de la région saharienne et de la manifestation du paludisme sous la forme d'épidémies consécutives à des précipitations exceptionnellement élevées, l'analyse s'est limitée aux zones présentant des données au sud du désert du Sahara.

Des cartes continues de $PfPR_{2-10}$ ont été générées et ensuite classées en gammes d'endémicité. Les grilles modélisées et de densité de population ont ensuite été utilisées pour extraire les populations à risque par district, à chaque emplacement de grille de 1x1 km $PfPR_{2-10}$ à l'aide d'ArcGIS 10.1. Ces cartes ont été générées pour les années 2000, 2010 et 2013 (Figure 24).

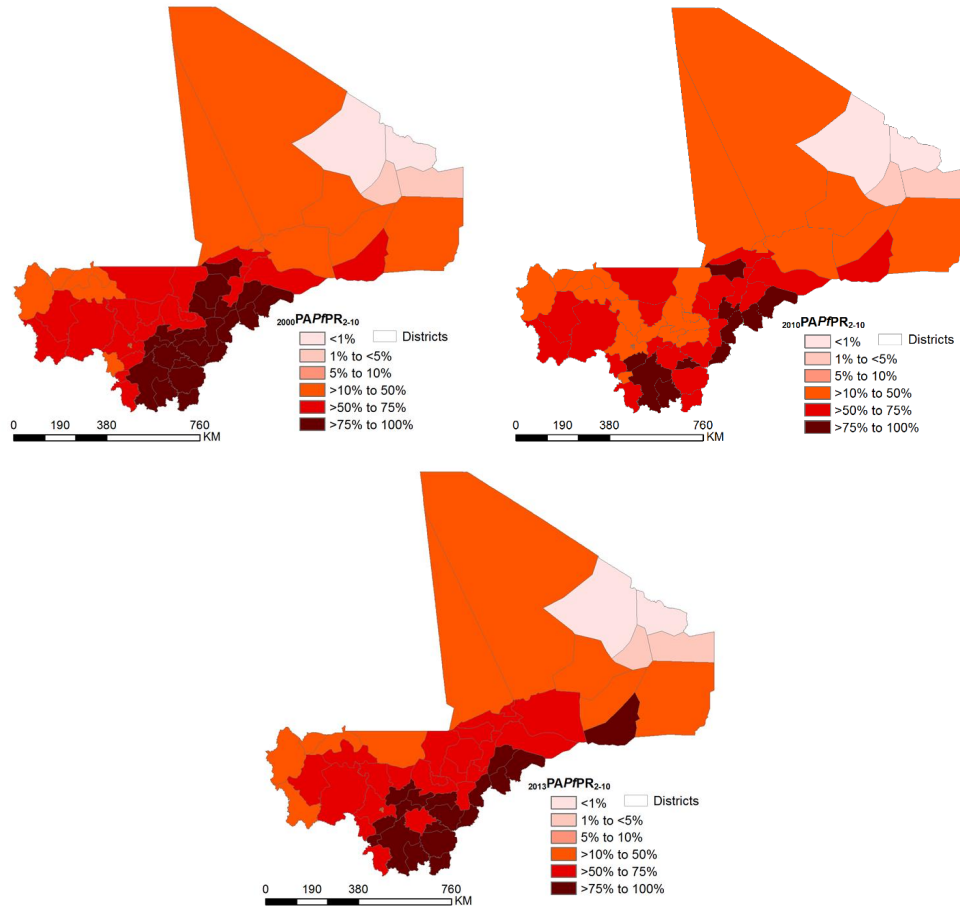


Figure 24 $PfPR_{2-10}$ de 1939 selon la population ajustée par district sanitaire (n = 60) au Mali en 2000 (en haut à gauche) ; 2010 (en haut à droite) ; et 2013 (en bas)

Cartographie de la prévalence du paludisme à l'aide de la géostatistique basée sur des modèles

En règle générale, les enquêtes nationales auprès des ménages sont conçues pour être précises aux niveaux national et régional, et rarement aux niveaux inférieurs, tels qu'au niveau du district. Par conséquent, l'agrégation des données d'enquête, pour fournir des estimations d'un résultat d'intérêt au niveau du district, est susceptible d'entraîner des valeurs peu précises. En outre, alors que des études de prévalence moins importantes offrent une image détaillée du fardeau du paludisme dans une région donnée, elles ne sont pas en mesure de fournir un aperçu du fardeau dans un district ou pays uniquement.

En 2014, LINK a signalé un schéma hétérogène de transmission du paludisme au Mali, dans lequel les districts du sud des zones éco-climatiques soudanaise et guinéenne ont connu un paludisme principalement hyperendémique à holoendémique, où le $PAPfPR_{2-10}$ s'élevait à $\geq 50\%$, dans lesquelles environ 66 % de la population vivait en 2013. En 2013, environ 32 % de la population vivaient dans des zones mésoendémiques de transmission mésoendémique ($PAPfPR_{2-10} > 10$ à 50 %). La transmission hypoendémique semble être présente uniquement dans les régions de Gao et de Kidal, alors que le $PAPfPR_{2-10}$ était légèrement supérieur à 10 % en raison de la forte concentration de la population de cette région, et dans quelques districts limitrophes des régions du sud. Les comparaisons des populations à risque (PAR) ont montré certaines réalisations depuis 2000, en particulier dans les zones de transmission hyperendémique et holoendémique, où les PAR ont été réduites de 72,5 % à 52 % en 2010, entre 2000 et 2010, avant de passer à 66 % en 2013.

Ce profil s'appuie sur des données d'enquête et de prévalence déjà disponibles, en utilisant la MBG pour générer des estimations au niveau du district qui sont fiables et comparables dans le temps, servant de mise à jour des cartes générées en 2014.^{111,112} Les détails suivants expliquent comment les modèles de prévalence du paludisme au Mali ont été assemblés et validés. De plus, les cartes des modèles de prévalence qui ont été produites à l'aide de ces méthodes seront présentées.

1.11 Assembler des données d'enquête sur le paludisme dans un seul référentiel géocodé

Recherches de données

Les méthodes d'identification des sources d'information ont été des approches opportunistes et en cascade, et elles ont inclus l'utilisation de contacts personnels parmi les communautés de recherche au Mali. Des recherches plus traditionnelles dans des revues révisées par des pairs ont également été effectuées, notamment : PubMed, Google Scholar, la base de données de la bibliothèque de l'OMS et African Journals Online. Dans toutes les recherches d'œuvres publiées à travers des bases de données électroniques numériques, les mots-clés en texte libre «*paludisme*» et «*Mali*» ont été utilisés. Finalement, des données d'enquête, issues des enquêtes nationales auprès des ménages menées en 2006, 2010, 2012 et 2015, ont également été identifiées. Une

description complète des méthodes d'assemblage des données d'enquête est fournie ailleurs.¹¹³

Tous ceux qui ont aidé à localiser les rapports d'enquête, les thèses universitaires et les données non publiées ou qui ont fourni une aide pour le géocodage des données d'enquête sont énumérés au début du rapport.

Extraction des données

Dans chacun des rapports d'enquête, les champs de données minimum requis pour chaque enregistrement étaient les suivants : description de la zone d'étude (nom, divisions administratives et coordonnées géographiques, selon la disponibilité), dates de début et de fin des enquêtes (mois et année) et informations sur les examens sanguins (nombre d'individus testés, nombre de résultats positif pour les infections au *Plasmodium* par espèce), les méthodes utilisées pour détecter les infections (microscopie, TDR, Réaction en chaîne par polymérase [PCR] ou Amplification isotherme induite par la boucle [LAMP]) et l'âge le plus faible et le plus élevé de la population étudiée (années décimales). Pour les données dérivées d'essais interventionnels contrôlés randomisés, celles-ci ont été uniquement sélectionnées lorsqu'elles étaient décrites pour les enquêtes transversales de base, de pré-intervention et de suivi ultérieures parmi les populations témoins. Il était parfois impossible de déterminer le mois de l'enquête à partir du rapport d'enquête. Des descriptions de saison « humide » et de saison « sèche », du premier ou du deuxième trimestre scolaire, ou d'autres informations, ont été utilisées pour établir une approximation du mois de l'enquête.

Lorsque l'âge n'était pas précisé dans le rapport, mais qu'une déclaration a été faite selon laquelle les enfants du village ou de l'école primaire étaient examinés, les tranches d'âge de 0 à 99 ans ou de 5 à 14 ans étaient respectivement retenues. Les enquêtes couvraient un certain nombre de tranches d'âge, mais pour faire une comparaison significative dans le temps et dans l'espace, une seule tranche d'âge normalisée est requise. Une correction à un âge normal pour *P. falciparum* a été réalisée à l'aide de modèles adaptés Muench à conversion catalytique via des équations statiques en R-script, qui utilisent la fourchette inférieure et supérieure de l'échantillon et la prévalence globale pour transformer les données en une estimation prévue chez les enfants âgés de deux à dix ans, *PfPR*₂₋₁₀.¹¹⁴

Géocodage des emplacements de chaque enquête

Lors de l'extraction des données, chaque point de données était enregistré avec autant d'informations géographiques que possible provenant de la source. Aussi, chaque point de données était utilisé lors de la géolocalisation, par exemple, pour vérifier que le géocodage plaçait l'emplacement de l'enquête dans les unités administratives décrites dans le rapport ou correspondait à d'autres détails dans le rapport sur la distance par rapport aux rivières ou aux villes lorsqu'ils sont affichés sur Google Earth. Selon leur représentation spatiale, les données ont été classées en villages, communautés ou écoles individuels, ou en un ensemble de communautés dans une zone couvrant une grille de 5 km ou environ 0,05 degré décimal à l'équateur (point). La préférence a été donnée aux données ponctuelles ; toutefois, les zones de plus de 5 km² ont été classées comme «

zones étendues » (< 10 km²), et celles pour lesquelles des données n'étaient disponibles que dans les grandes unités administratives étaient incluses en tant que « polygones » et exclues de l'analyse.

L'utilisation plus récente du GPS pendant les enquêtes a permis de ré-agréger les données d'enquêtes auprès des ménages, afin d'accroître la précision de l'échantillonnage en combinant des groupes de petites tailles d'échantillon dans l'espace, tout en maintenant les critères de grille de 5 km. Tandis que, en théorie, les coordonnées GPS devraient représenter un emplacement spatial non ambigu, elles nécessitaient une vérification approfondie pour s'assurer que l'emplacement de l'enquête correspondait aux coordonnées GPS et à toutes les coordonnées situées dans les communautés peuplées. Pour positionner chaque emplacement d'enquête où les coordonnées GPS n'étaient pas disponibles, une variété de ressources numériques a été utilisée : Encyclopédie Microsoft Encarta, Google Earth, Fallingrain, African Data Sampler et nomenclatures toponymiques numériques des noms de lieux d'écoles et de centres de santé au Mali.

Nous avons choisi la période de 2000 à 2016 comme période de référence de données, où les données peuvent être utilisées pour prédire les années durant lesquelles l'échantillonnage national des ménages a été effectué en 2012/2013 et en 2015. Entre 2000 et 2016, 971 points d'enquête indépendants ont été identifiés dans 853 emplacements uniques (Figure 25). Tous les points de données ont été géocodés (Figure 26) et il a été déterminé qu'il n'y avait pas suffisamment de données disponibles à des fins de cartographie dans certains districts (Figure 27). Les emplacements finaux de l'enquête, utilisés avec les années de prédiction 2012/2013 et 2015, peuvent être observés dans Figure 28. Un total de 65 742 échantillons a été collecté sur ces sites, toutes les enquêtes reposant sur des examens microscopiques/sanguins en vue de la détection des parasites. L'EDS de 2010 repose sur 109 grappes, 1 617 ménages et 9 624 répondants. L'EDS de 2012-2013 repose sur 413 grappes, 10 105 ménages et 58 330 répondants. La MIS 2015 repose sur 177 grappes, 4 240 ménages et 39 408 répondants.

Les points de données collectés ont été géocodés, 75,28 % de points géocodés avec GPS, 9,37 % avec d'autres moyens, 8,34 % avec Encarta, 2,68 % avec des communications personnelles, 1,75 % avec Google Earth, 1,44 % avec une combinaison de moyennes et 0,82 % avec Geonames. Trois points n'ont pas été géolocalisés. La valeur maximum de *PfPR*₂₋₁₀ identifiée était de 99,79 %, la valeur minimum était de 0,0 % et la valeur médiane était de 42,64 % (IQR : 49,41 %). Une base de données complète et géocodée de données d'enquête a été fournie au PNLP ensemble avec ce rapport.

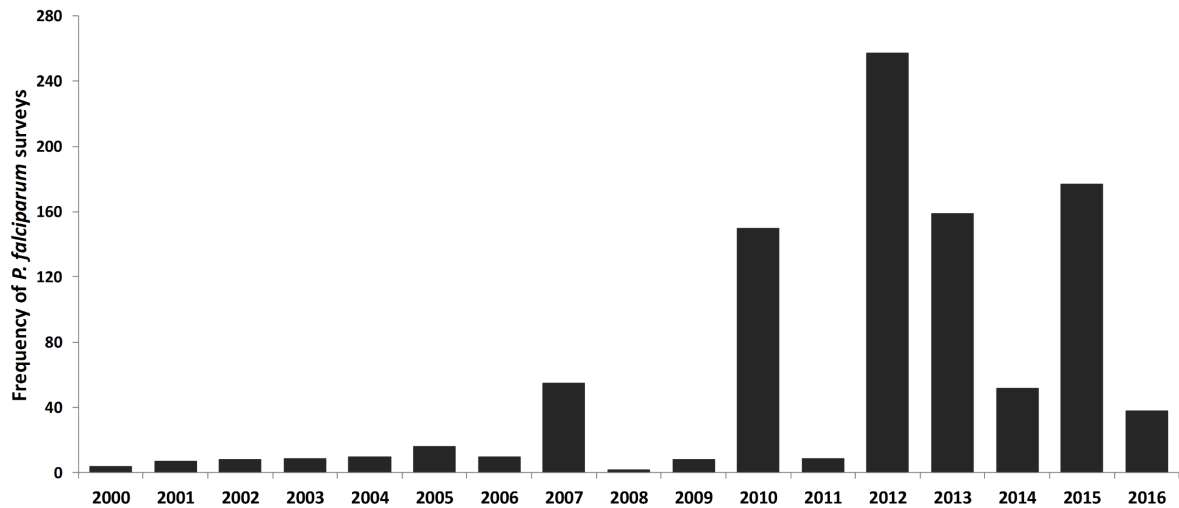


Figure 25 Fréquence des enquêtes portant sur *P. falciparum* au Mali entre 2000 et 2016

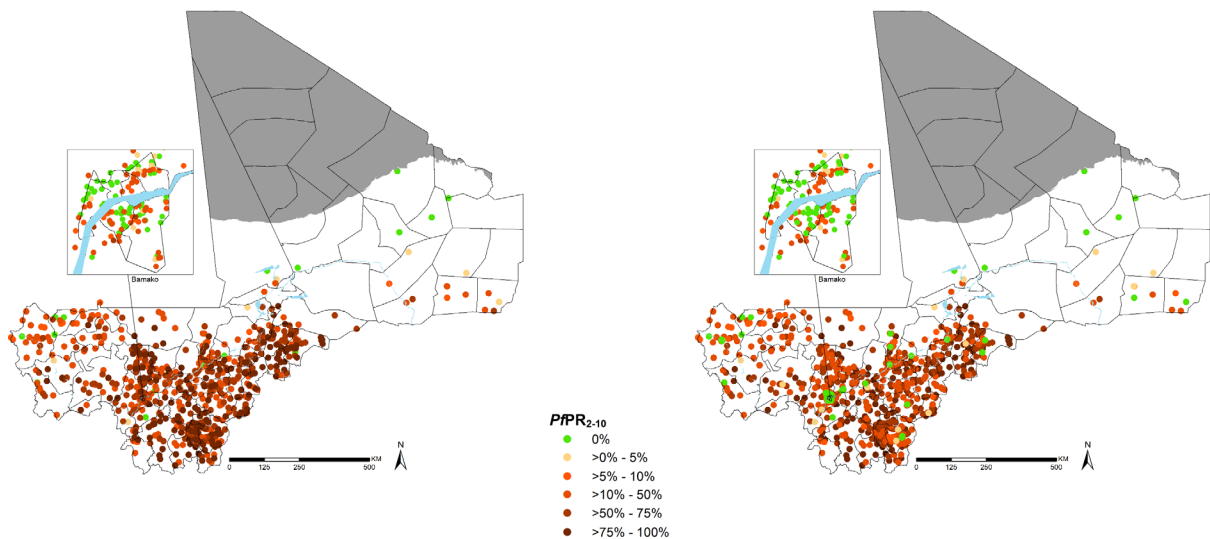


Figure 26 Les taux d'infection de *P. falciparum* après correction de l'âge à 853 emplacements uniques affichant les valeurs les plus élevées en haut parmi 971 enquêtes de 2000 à 2016 (à gauche) et les valeurs les plus faibles en haut (à droite)

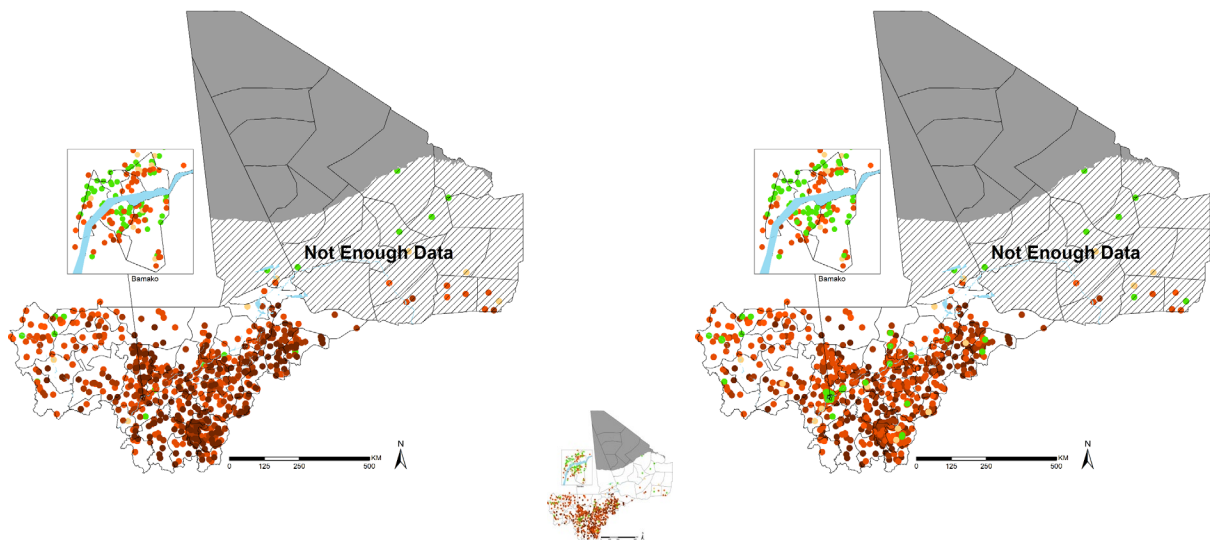


Figure 27 Les taux d'infection de *P. falciparum* après correction de l'âge à 853 emplacements uniques affichant les valeurs les plus élevées en haut parmi 971 enquêtes de 2000 à 2016 (à gauche) et les valeurs les plus faibles en haut (à droite), les districts ne disposant pas de données suffisantes pour la cartographie étant indiqués

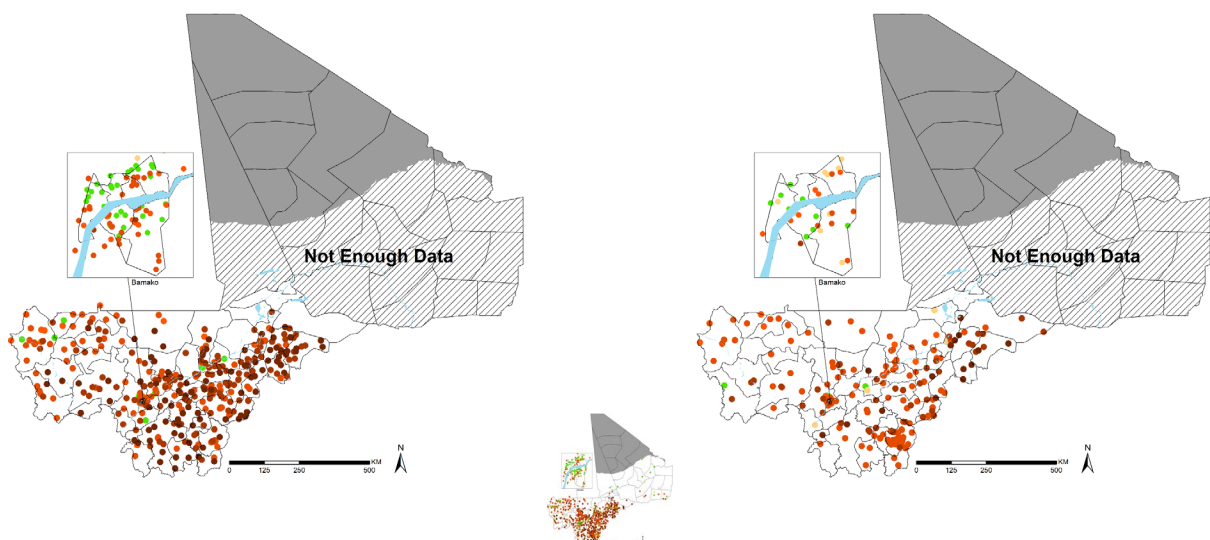


Figure 28 Les taux d'infection de *P. falciparum* après correction de l'âge à 853 emplacements uniques indiquant les années utilisées pour faire des prévisions à des fins de cartographie, 2012-2013 à gauche et 2015 à droite

1.12 Approches statistiques de la cartographie des risques de localité

Formulaire type

L'analyse des données de recherche, entreprise dans différentes régions du Mali, des enquêtes régionales en milieu scolaire et des enquêtes nationales auprès des ménages d'une manière combinée, nécessite la MBG. La MBG est un cadre de modélisation qui permet la meilleure utilisation possible des données en fournissant une approche statistiquement fondée sur des principes pour gérer l'incertitude. Ces méthodes statistiques reposent sur le principe de base selon lequel les choses qui sont proches dans l'espace et dans le temps sont plus liées que les choses lointaines (aussi appelées

premières lois géographiques) (c'est-à-dire des enquêtes menées dans le même district devraient présenter une mesure de risque de paludisme plus similaire que les enquêtes menées dans différents districts éloignés les uns des autres, ou des enquêtes menées à un an d'intervalle devraient présenter un risque de paludisme plus similaire que les enquêtes menées à des décennies d'intervalle).¹¹⁵ Les détails mathématiques, qui traduisent la première loi géographique en modèles géostatistiques, sont décrits ailleurs et récemment utilisés pour fournir des cartes du risque de paludisme en Somalie.^{116,117}

Dans l'exercice de modélisation actuel, aucune covariable environnementale n'est utilisée pour faciliter les prévisions du paludisme. Celles-ci deviennent importantes lorsque les données sont très rares, et il existe une relation biologique bien définie dans chaque paramètre avec les covariables sélectionnées. Pour l'exercice de modélisation en cours au Mali, on suppose que la prévalence du parasite à un endroit donné est un produit du climat et de l'environnement de contrôle, sans présumer de la biologie du climat pour la prévalence de l'infection.

La variation spatio-temporelle de $PfPR_{2-10}$ a été modélisée à l'aide de méthodes géostatistiques pour emprunter la force de l'information dans le temps et dans l'espace. Laissez x être l'emplacement d'une communauté étudiée dans l'année t . Nous utilisons ensuite $S(x,t)$ pour indiquer la variation du risque de paludisme entre les communautés (par exemple, variation due à des conditions environnementales différentes) et $Z(x,t)$ la variation au sein des communautés (c.-à-d. traits génétiques et comportementaux) Dans le jargon statistique, $S(x,t)$ and $Z(x,t)$ sont des effets aléatoires qui sont utilisés dans un modèle, afin de saisir les effets des facteurs de risque de paludisme non mesurés.

Les données saisies étaient les valeurs de $PfPR_{2-10}$ observées à l'emplacement x ($n=968$) et à l'année t . Un modèle logit-linéaire pour $PfPR_{2-10}$ a été défini comme :

$$\log \left\{ \frac{PfPR(x,t)}{1 - PfPR(x,t)} \right\} = \alpha + \beta * f(mA) + \gamma * g(MA) + S(x,t) + Z(x,t)$$

où $f(mA)$ et $g(MA)$ sont des fonctions splines de l'âge minimum et maximum parmi les individus échantillonnés à l'emplacement x . Pour prédire $PfPR_{2-10}$ nous définissons donc $mA=2$ et $MA=10$. La valeur $S(x,t)$ a été modélisée comme un processus gaussien stationnaire et isotrope avec une fonction de corrélation spatio-temporelle donnée par :

$$corr\{S(x,t),S(x',t')\} = \exp\{-||x-x'||/\phi\}\exp\{-|t-t'|/\psi\}$$

où ϕ et ψ sont des paramètres d'échelle qui régissent le taux de dégradation de la corrélation spatiale et temporelle, pour augmenter respectivement la distance et la séparation temporelle. La notation $||x-x'||$ représente la distance dans l'espace entre les emplacements de deux communautés, une à x et l'autre à x' . L'équation ci-dessus indique alors que la distance entre x et x' augmente, la corrélation spatiale se dégradera à un taux de ϕ . Un argument similaire s'applique à $|t-t'|$ qui représente la séparation temporelle entre deux enquêtes.

Les paramètres du modèle ont été estimés par le biais de la probabilité maximale dans l'environnement logiciel R (version 3.4.2). Les cibles pour les prédictions étaient $PfPR_{2-10}$.

10 sur la surface de la grille régulière de 1 x 1 km couvrant l'ensemble du Mali. Des cartes du risque de paludisme ont été générées pour les années 2012 et 2015 dans ArcMap version 10.5 (ESRI Inc., Redlands, Californie, États-Unis) (Figure 29) et les $PfPR_{2-10}$ moyens ont été regroupés en quatre classes de risque par district (Figure 30).

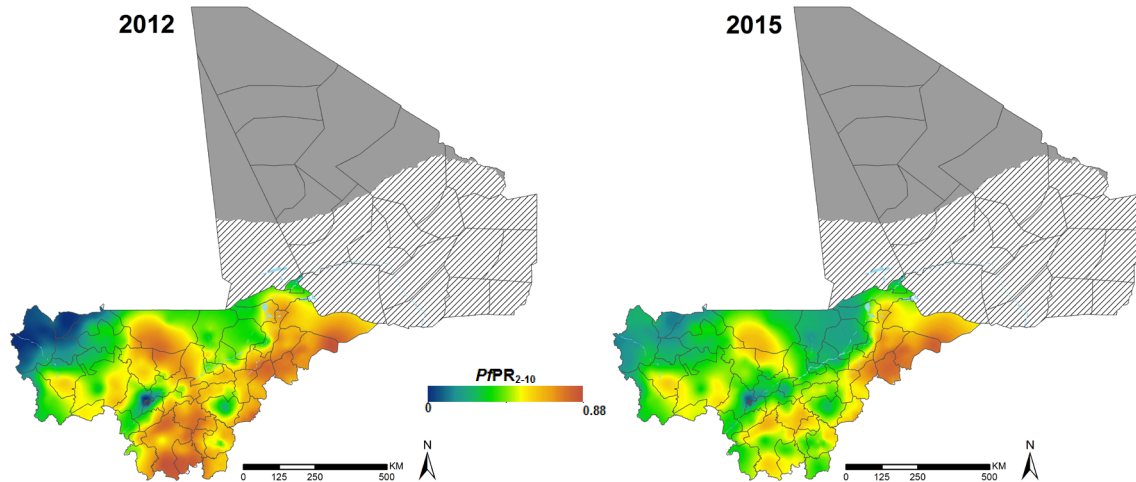


Figure 29 Estimations continues prévues de $PfPR_{2-10}$ pour le Mali en 2012 (à gauche) et en 2015 (à droite), allant de la prévalence faible (jaune) à la prévalence élevée (rouge) en passant par celle intermédiaire (bleu). Les masques gris indiquent des zones incapables de supporter une transmission stable ou des zones avec des données insuffisantes.

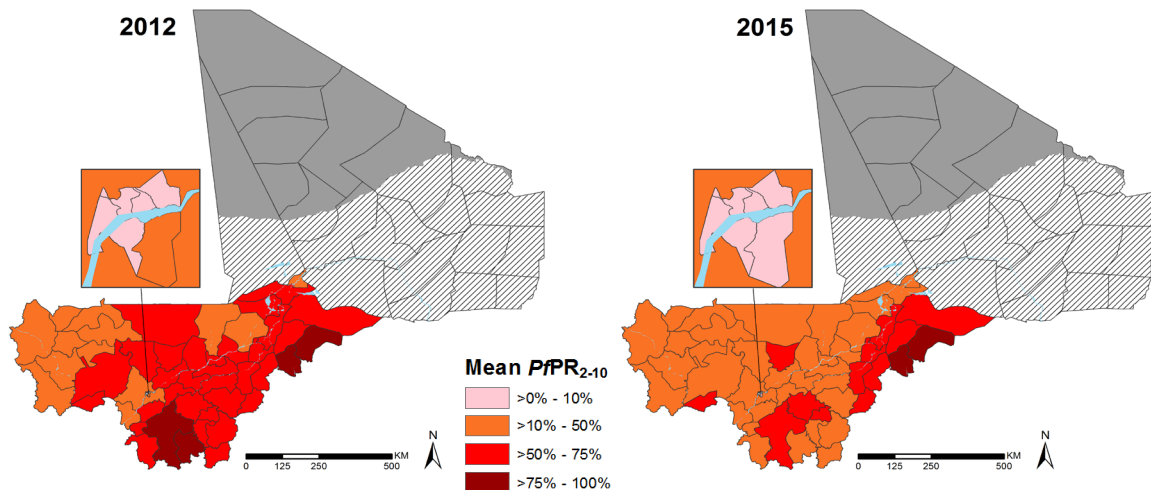


Figure 30 Quantités moyennes prévues regroupées de $PfPR_{2-10}$ dans 75 districts en 2012 et 2015 : > 0 - 10 %, > 10 - 50 %, > 50 - 75 % et > 75 - 100 %

En général, l'incidence du paludisme a diminué dans l'ensemble du Mali entre 2012 et 2015, avec la prévalence la plus élevée notée dans la région de Bankass et Koro de Mopti.

1.13 Dans quelle mesure nos estimations de la prévalence du paludisme sont-elles exactes ?

L'un des objectifs de ce profil est d'identifier les zones du Mali qui se situent en dessous d'un certain seuil de prévalence du paludisme. Dans les pays où les zones sont en train de passer à une transmission plus faible, l'identification des zones qui se situent en dessous d'un seuil particulier nécessite de prendre en compte l'adaptation des stratégies, afin de répondre aux efforts de couverture universelle. Ce faisant, les combinaisons d'interventions peuvent être considérées comme plus nuancées, rentables et efficaces.¹¹⁶

Cependant, la classification des zones géographiques en différents niveaux endémiques, en fonction de la prévalence estimée des parasites, crée une image très simpliste de la situation du paludisme dans cette région.¹¹⁷ Comme pour toute mesure ou modélisation de données, nous effectuons une estimation de la prévalence du paludisme pour une population dans un lieu donné à un moment donné. Cette estimation se situe dans une fourchette de valeurs susceptibles d'inclure la prévalence réelle du paludisme.

Pour répondre à l'incertitude de nos estimations, nous avons calculé à la fois une « probabilité de dépassement » (EP) et une « probabilité de non-dépassement » (NEP) selon laquelle la prévalence du paludisme dans une zone donnée se trouve au-dessus du seuil de 50 % et en dessous du seuil de 10 %, respectivement, en fonction des données d'enquête disponibles. Une EP proche de 100 % indique que $PfPR_{2-10}$ est probablement au-dessus du seuil l . Si elle est proche de 0 %, $PfPR_{2-10}$ est le plus susceptible d'être en dessous du seuil l . En revanche, une NEP proche de 100 % indique que $PfPR_{2-10}$ est très susceptible d'être en dessous du seuil l et si elle est proche de 0 %, $PfPR_{2-10}$ est très susceptible d'être au-dessus du seuil l . Si elle est proche de 50 %, $PfPR_{2-10}$ est également susceptible d'être au-dessus ou en dessous du seuil l , correspondant au plus haut niveau d'incertitude.

Les estimations de $PfPR_{2-10}$ à l'emplacement x et au temps t ($PfPR_{2-10(x,t)}$) ont des incertitudes à prendre en compte, afin de déterminer si la prévalence dans cette zone est inférieure à un certain seuil, par exemple l . Nous utilisons le modèle géostatistique pour obtenir une distribution des valeurs les plus probables que $PfPR_{2-10(x,t)}$ peut avoir. Nous utilisons ensuite cette distribution pour quantifier la probabilité selon laquelle $PfPR_{2-10(x,t)}$ devra être au-dessus d'un seuil l à travers une EP, formellement exprimée sous la forme :

$$EP = Probability\{PfPR_{2-10(x,t)} > l/data\}$$

où l est le seuil de prévalence que nous avons fixé à ≥ 50 %. En d'autres termes, EP exprime la probabilité selon laquelle $PfPR_{2-10}$ devra être au-dessus du seuil l en fonction de la disponibilité des données d'enquête.

En ce qui concerne la NEP, la distribution peut être utilisée pour quantifier la probabilité selon laquelle $PfPR_{2-10}$ devra être en dessous d'un seuil l , formellement exprimée sous la forme :

$$NEP = Probability\{PfPR_{2-10(x,t)} < l/data\}$$

où l est le seuil de prévalence que nous avons fixé à $\leq 10\%$. En d'autres termes, NEP exprime la probabilité selon laquelle $PfPR_{2-10(x,t)}$ devra être en dessous du seuil l en fonction de la disponibilité des données d'enquête.

La *Figure 31* indique les zones dans lesquelles le modèle permet une certitude de 80 % et de 90 % que $PfPR_{2-10}$ ne dépasse pas 10 % ou dépasse 50 % en 2012 et 2015 en fonction des données disponibles. Ces cartes démontrent un déclin global aux niveaux de confiance de 80 % et de 90 % que $PfPR_{2-10}$ ne dépasse pas le seuil de 50 %.

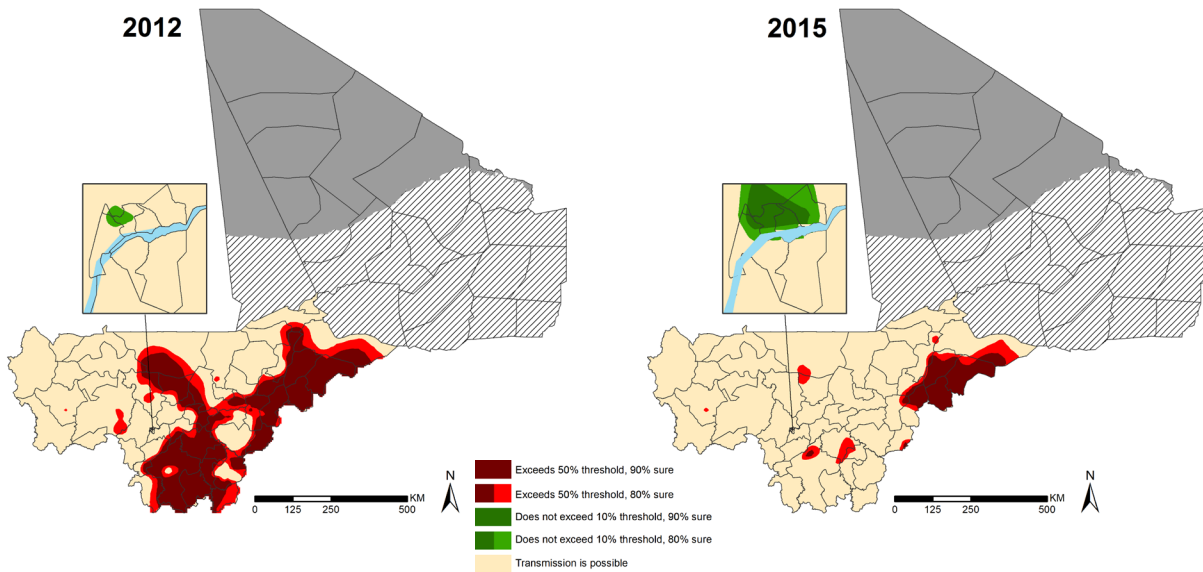


Figure 31 Probabilité selon laquelle $PfPR_{2-10}$ est $\leq 10\%$ et $\geq 50\%$ par district sanitaire

Profil entomologique

1.14 Sites d'échantillonnage des moustiques

Un suivi entomologique est effectué dans 15 sites à travers le Mali.³ Le suivi inclut à la fois les régions PID et non-PID, y compris Kayes, Koulikoro, Ségou, Sikasso, Mopti et Bamako. Tous les sites recueillent des informations sur la sensibilité aux insecticides pour vecteurs, tandis que ceux qui effectuent des recherches sur les PID recueillent des informations sur les densités entomologiques, le comportement, la longévité, le taux d'infection et les origines des repas de sang.³

Les raisons de la sélection en tant que sites d'échantillonnage varient. Les sites sont inclus en tant que site d'enquête, s'ils sont :

- D'anciens sites de PID (Koulikoro, Bla, Barouéli, Fana) ;
- Un nouveau site de PID (Badiangara, Bankass, Djenné, Mopti) ;
- Site de comparaison non PID (Bamako) ;
- Un grand site agricole ou d'irrigation (Niono, Kati, Kita, Bla, Bougouni, Sélingué, Kadiolo) ;
- Un site de distribution des MII (Kita, Koulikoro, Barouéli, Fana, Sélingué, Kadiolo) ; ou
- Un site d'autres efforts de lutte antivectorielle (Kati).³

1.15 Résumé du référentiel de données vectorielles sur le paludisme géocodé au Mali

Les études nationales sur les vecteurs du paludisme au Mali ont souvent exclu les zones désertiques du nord et de l'est, car elles ne sont pas sensibles à *Anopheles*. Spécifiquement, aucune enquête sur les *Anopheles* n'a pu être identifiée dans les régions de Taoudenit et de Menaka, respectivement dans le nord et l'est. La première étude entomologique à l'échelle nationale a été entreprise à la fin des années 1950 et au début des années 1960, décrivant les espèces d'anophèles présentes au Mali ainsi que leur emplacement, avec les latitudes et les longitudes.⁹⁶ Les premières cartes nationales, décrivant la distribution spatiale et la variation chromosomique des *Anopheles gambiae* s.s. et *Anopheles arabiensis*, ont ensuite été développées en 1991 par Touré et ses collègues.¹¹⁸ Cet effort faisait partie d'une étude plus vaste qui a débuté en 1981 et a porté sur diverses régions éco-climatiques telles que les forêts, les savanes et les déserts. Des exercices de cartographie similaires se sont poursuivis plus tard dans le cadre de ce projet, avec des données allant de 1981 à 1994 et jusqu'en 1994 par Sogoba et ses collègues.^{119,120}

Les sources de données incluses dans ce référentiel comprenaient des archives historiques et des sources publiées, avec une documentation accrue des vecteurs secondaires potentiels et des données plus récentes non publiées provenant de

scientifiques et d'organismes de contrôle travaillant au Mali. Celles-ci ont été utilisées pour développer un référentiel de données sur les vecteurs du paludisme au Mali. Les détails complets de l'assemblage des données, des méthodes de géocodage et des classifications des espèces, en fonction de leur rôle dans la transmission du paludisme, sont fournis ailleurs.¹²¹

La base de données a été organisée en tant qu'inventaire référencé spécifique au site, afin de saisir les détails de l'identification des espèces enregistrés depuis les premières enquêtes en 1906, jusqu'aux derniers enregistrements en 2014. La bibliothèque PDF entièrement numérique, la base de données et la bibliographie ont été livrées au Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique avec ce rapport.

À partir de chaque rapport identifié, l'extraction des données comprenait si une espèce était identifiée sur un site donné, les méthodes utilisées pour capturer les adultes ou les larves, et les méthodes utilisées pour déterminer chaque collection d'anophèles. « Y » a été enregistré si une espèce a été identifiée et « N » n'a été enregistré que lorsque l'absence réelle de l'espèce a été signalée. La base de données est donc celle de la présence des espèces, non de l'absence et non proportionnelle à la présence de différents vecteurs.

La base de données finale contenait 446 rapports spécifiques aux sites sur les anophèles vecteurs au Mali, survenus entre 1906 et 2014, pour lesquels il était possible de géolocaliser le site de l'enquête (Figure 32). Il n'a pas été possible de géolocaliser deux (0,4 %) des sites d'enquête.

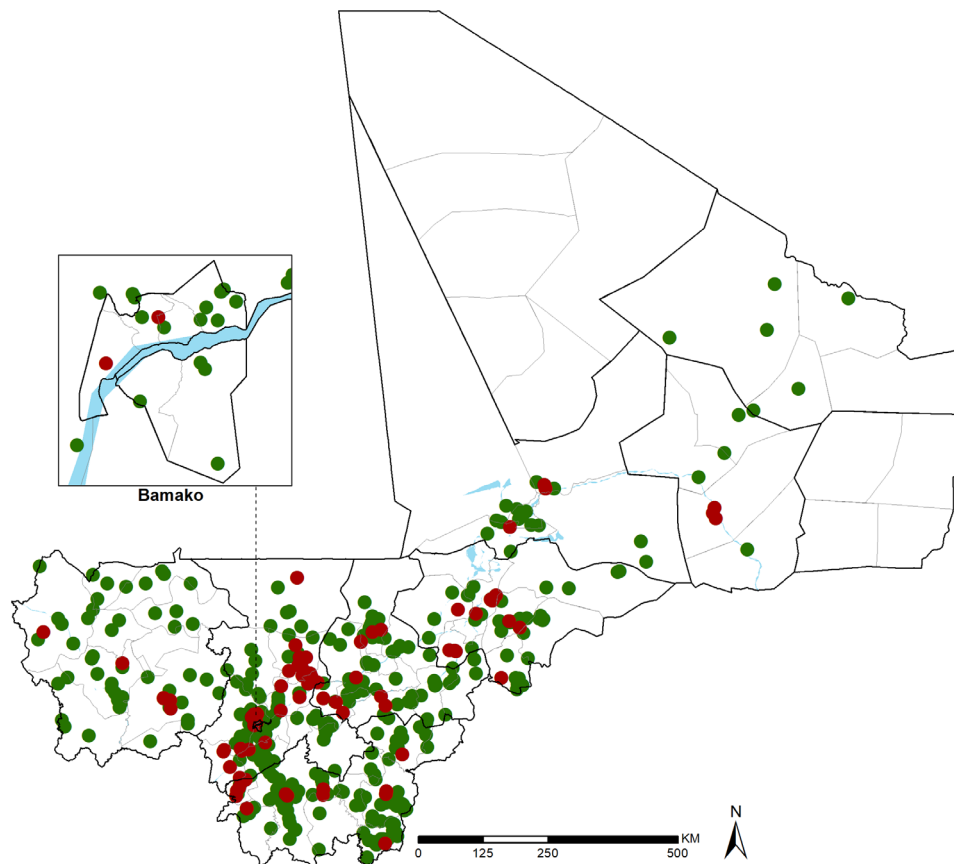


Figure 32 Répartition de 446 emplacements d'enquêtes sur les anophèles échantillonnés entre 1906 et 2014 (82 emplacements rouges sont des sites échantillonnés entre 2005 et 2014, 364 emplacements verts sont des échantillonnés avant 2005)

La base de données comprend les assemblages de données d'enquêtes complètes sur les moustiques de 1981 à la fin des années 2000, réalisés dans le cadre d'une collaboration à long terme entre le Département d'Épidémiologie des Affections Parasitaires de l'École Nationale de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie de Bamako et l'Istituto di Parassitologia.^{119,120}

1.16 Espèces identifiées

Le complexe *An. gambiae* et le groupe *An. funestus* sont les principaux vecteurs du paludisme au Mali et vivent en sympatrie à travers le pays, sauf dans les régions du nord-est et du sud-ouest, où *An. funestus* diminue (Figure 33, Figure 34). Le complexe *An. gambiae* au Mali comprend *An. gambiae* s.s. (précédemment connu sous la forme S), *An. colluzii* (précédemment connu sous la forme M) et *An. arabiensis*, qui ont tous été décrits dans toutes les régions du pays, à l'exception de Taoudenit et de Menaka, et qui vivent en sympatrie dans leur aire de répartition (Figure 35). La détermination des membres du groupe *An. funestus* n'a pas été étudiée en détail au Mali.

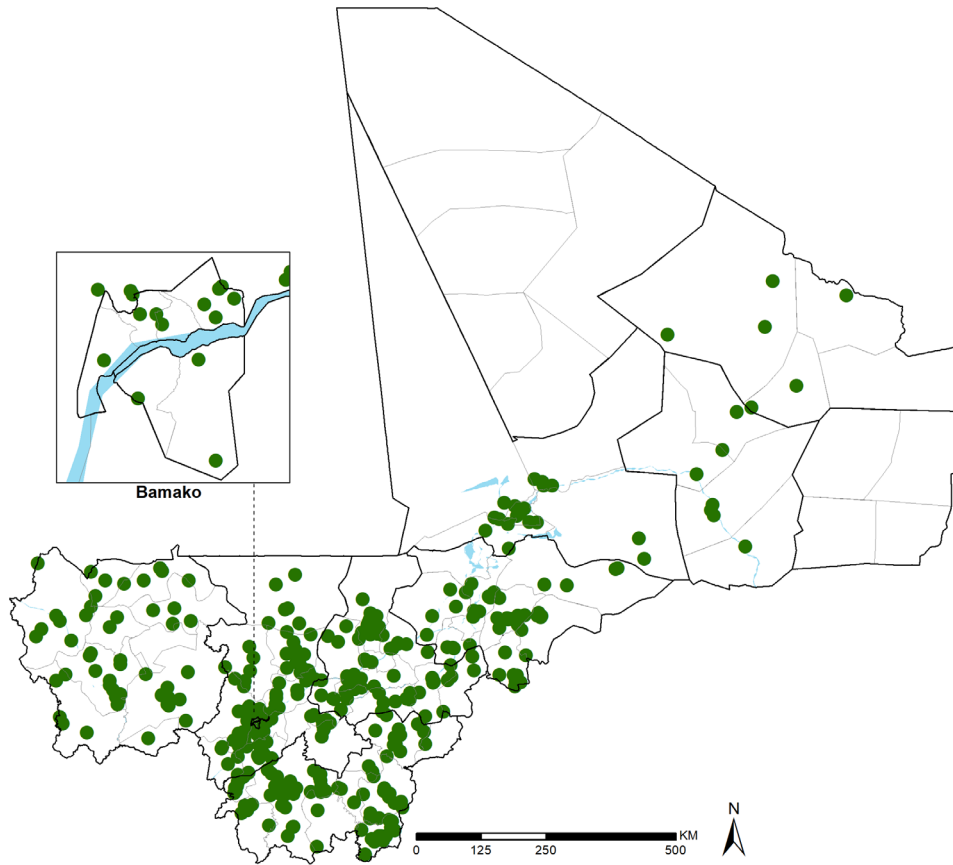


Figure 33 Répartition de *An. gambiae s.l.* documenté (n=407)

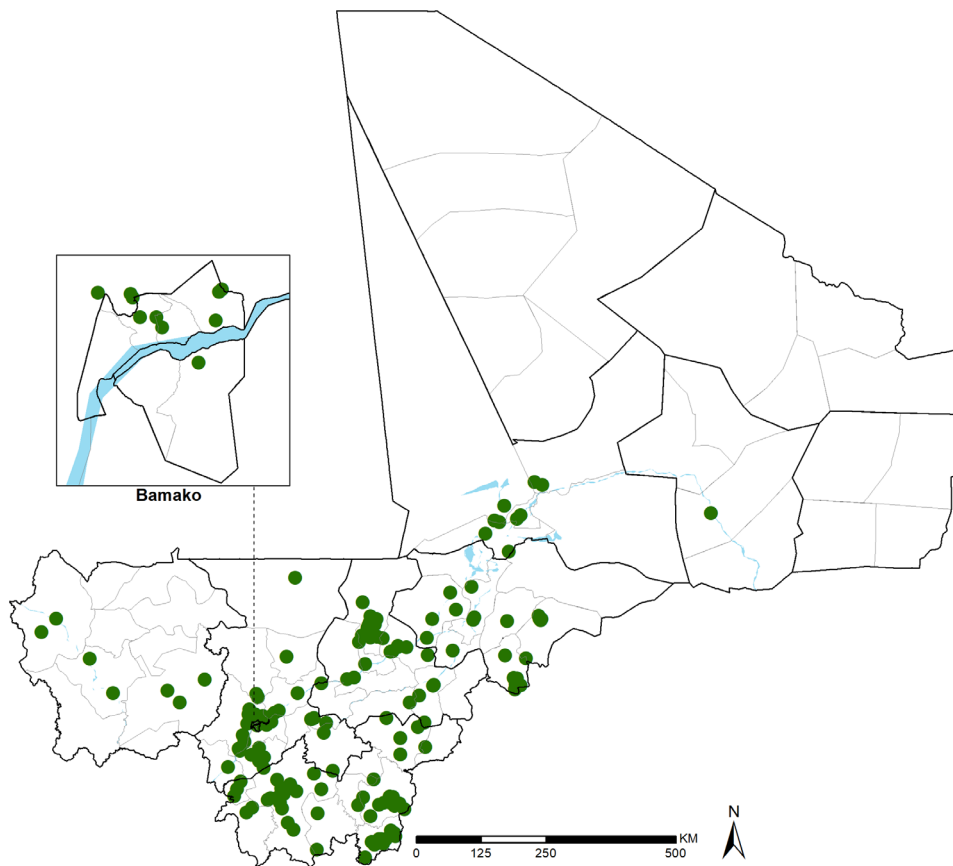


Figure 34 Répartition de *An. funestus s.l.* documenté (n=173)

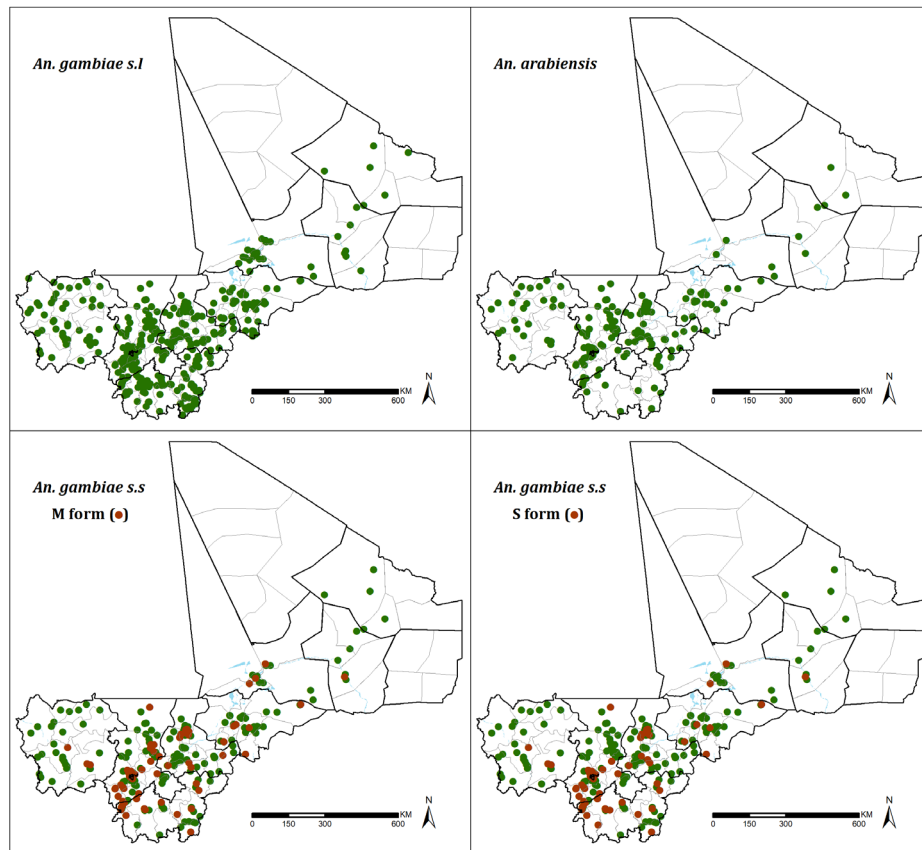


Figure 35 Répartition des membres du complexe *An. gambiae*

Seuls quelques membres de *An. rivulorum* et *An. lesoni* ont été décrits, alors qu'il n'y a pas d'enregistrements pour *An. funestus* s.s. *An. nili* n'a été enregistré que dans la partie centrale méridionale du Mali, où il est considéré comme une espèce vectrice dominante (Figure 37). *An. pharoensis*, *An. squamosus*, *An. rufipes* et *An. coustani* s.l. ont également été décrits dans les régions du centre et du sud, et sont considérés comme des vecteurs secondaires du paludisme (Figure 36, Figure 38). *An. moucheti* n'a jamais été décrit au Mali.

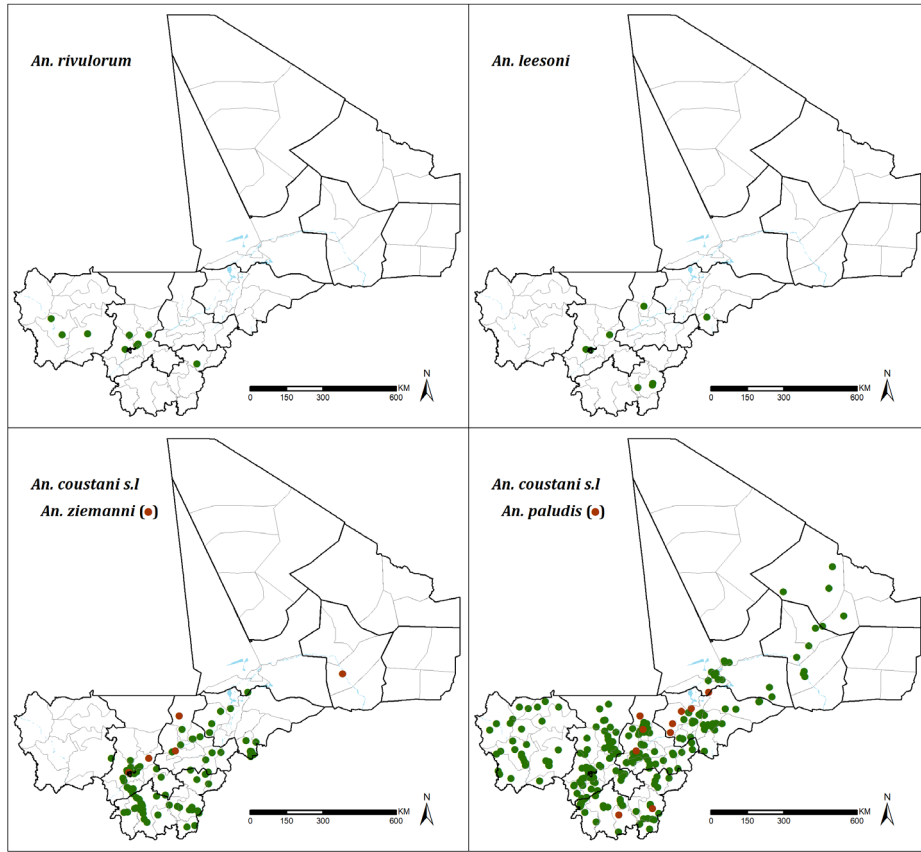


Figure 36 Emplacement des membres du groupe *An. funestus* et du groupe *An. coustani*

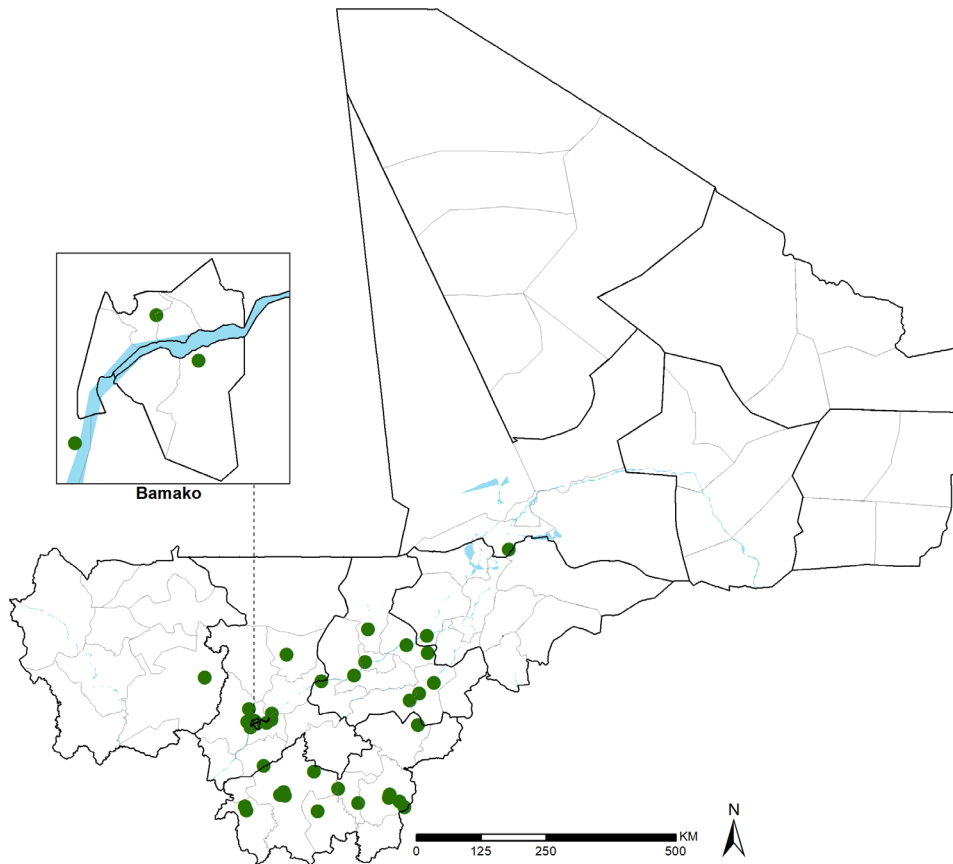


Figure 37 Répartition de *An. nili s.l.* documenté (n=36)

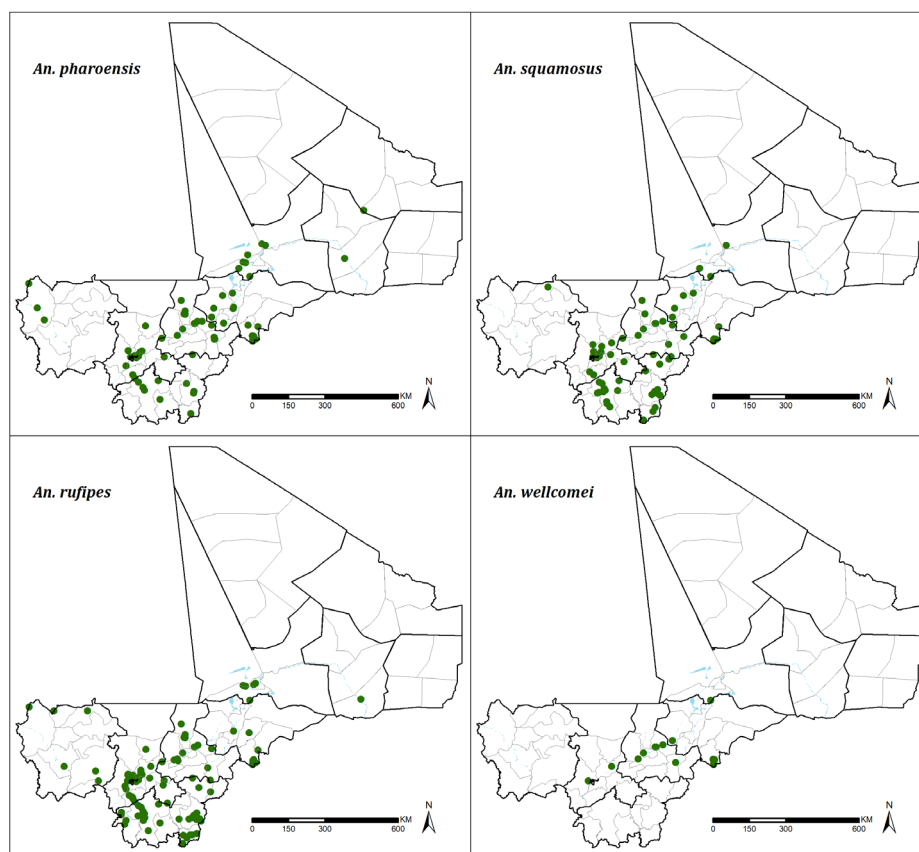


Figure 38 Localisation d'autres vecteurs secondaires potentiels

Parmi les autres anophèles signalés au Mali depuis 1906, mais non impliqués dans la transmission du paludisme, citons : *An. brohieri*, *An. brunnipes*, *An. domicolus*, *An. flavicosta*, *An. hancocki*, *An. longipalpis*, *An. macmahoni*, *An. maculipalpis*, *An. obscurus*, *An. paludis*, *An. pretoriensis*, *An. rhodesiensis* et *An. ziemanni*.

Taxonomie

Anopheles gambiae s.l.: Le complexe *Anopheles gambiae* a subi de nombreuses transitions en termes de taxonomie au fil du temps. Les premières descriptions du complexe *An. gambiae* font référence à une seule espèce, *An. costalis*, au cours de la première décennie du siècle dernier. Suite à la visite de l'École de Liverpool en Gambie en 1902, cette espèce a été nommée *An. gambiensis* Giles. Dans les années 1940, *An. melas* (Afrique de l'Ouest) et *An. merus* (Afrique de l'Est) ont été confirmés en tant qu'espèces apparentées du complexe *An. gambiae* par des observations sur la tolérance à la salinité et par de légères variations morphologiques. Dans les années 1950 et 1960, l'innovation de nouvelles méthodes d'hybridation (accouplement croisé) a permis de distinguer trois espèces de reproduction en eau douce de *An. gambiae* (A-C). À peu près au même moment, un parent morphologiquement unique [Espèce D] a été identifié dans les sources minérales du Parc national de Semliki, dans le district de Bwamba, en Ouganda, et plus tard nommé *An. bwambae* Blanc.¹²²⁻¹²⁴ Des investigations chromosomiques sur les espèces A et B ont été entreprises à la fin des années 1960 et ont permis de distinguer entre *An. gambiae sensu stricto* et *An.*

arabiensis, respectivement.¹²⁵ Les *An. quadriannulatus* A et *An. quadriannulatus* B, ayant un tropisme pour les animaux, ont été décrits comme des espèces apparentées du complexe *An. gambiae* (anciennement espèce C) au début des années 1980, mais non considérées comme des vecteurs du paludisme dans leur aire de répartition géographique en Afrique australe et en Éthiopie.^{126,127} *An. quadriannulatus* B d'Éthiopie a plus tard été renommé *An. amharicus* Hunt, Wilkerson & Coetzee sp. n. tandis que le nom *An. quadriannulatus* a été retenu pour la forme sud-africaine.^{5,128}

Au début des années 2000, *An. gambiae* s.s était génétiquement distingué comme *An. gambiae* s.s. Forme S (Savane/Bamako) et forme M (Mopti).^{129,130} En 2013, la « forme M » a été renommée *An. coluzzii* Coetzee & Wilkerson sp. n tandis que la « forme S » conservait le nom *An. gambiae* s.s.⁵

Tous les enregistrements de l'espèce *An. gambiae* s.s (ou Espèce A) avant l'invention des outils génétiques faisaient référence aux formes M ou S ou aux deux, mais pas uniquement à la forme S, telle qu'elle est maintenant définie. Pour cette raison, le nom «*An. gambiae* s.s » a été retenu pour inclure les deux espèces qui appartenaient auparavant *sensu stricto* à la forme S et indiquaient uniquement cette forme, lorsqu'il est spécifiquement enregistré comme tel

An. melas, *An. merus*, *An. amharicus* et *An. bwambe* n'ont pas été décrits au Mali. Étant donné que la majorité des données sont antérieures à la taxonomie effective entre les espèces apparentées du complexe, les contributions relatives des *An. gambiae* s.s. et *An. arabiensis* ne peuvent pas être établies. Cependant, des études moléculaires récentes de *An. gambiae* s.l suggèrent que *An. gambiae* s.s. prédomine et, alors que les formes M et S ont été détectées, la forme S est dominante.^{131,132}

Comprendre si *An. gambiae*, qui est un vecteur majeur du paludisme dans les régions sahéliennes, estive (reste à l'état dormant pour permettre une longévité étendue pendant l'été) est essentiel pour expliquer les tendances à l'implantation rapide des populations de moustiques peu après les pluies, à la suite d'une période de quatre à huit mois de sécheresse. Une étude récente, qui a utilisé une expérience de marquage libération-recapture de la fin d'une saison humide au début de la prochaine saison dans les villages sahéliens du Mali, fournit des preuves solides de l'estivation par le *An. gambiae* pendant l'été.¹³³ Pendant la saison sèche, *An. gambiae* était largement absent dans les villages étudiés. Cependant, à l'appui de cette conclusion, une multiplication par dix des populations de moustiques a été observée dans les cinq jours suivant la première pluie et avant qu'une nouvelle génération d'adultes puisse être produite.

***Anopheles gambiae* s.s. :** Les larves de *An. gambiae* s.s. vivent généralement dans des plans d'eau douce ensoleillés, peu profonds et temporaires, tels que des dépressions arrondies, des flaques, des bassins et des empreintes de sabots. Cet aspect de leur bionomie peut permettre aux membres du complexe *An. gambiae* d'éviter la plupart des prédateurs et les larves peuvent se développer très rapidement (environ six jours de l'œuf à l'adulte dans des conditions optimales). *An. gambiae* s.s a été signalé dans des habitats contenant des algues flottantes et submergées, des graminées émergentes, du riz ou de « courtes plantes » dans les fossés en bordure de route et dans des sites dépourvus de végétation. Il est considéré comme fortement anthropophile, de nombreuses études ayant trouvé une préférence marquée pour les hôtes humains. Ce vecteur se nourrit généralement tard dans la nuit et est souvent décrit comme une

espèce endophage et endophile, c'est-à-dire mordant et se reposant principalement à l'intérieur. L'espèce est considérée comme l'un des vecteurs de paludisme les plus efficaces au monde.

Anopheles arabiensis : *An. arabiensis* est considéré comme une espèce de milieu sec, de savane ou de forêt clairsemée. Les preuves se multiplient pour ce qui est d'une gamme plus répandue de *An. arabiensis* à travers l'Afrique et l'espèce reste un vecteur important au Mali. Ses habitats larvaires sont généralement des bassins d'eau douce de petites tailles, temporaires, ensoleillés, clairs et peu profonds, bien que *An. arabiensis* soit capable d'utiliser une variété d'habitats, notamment les cours d'eau à faible débit, partiellement ombragés, les grands et petits habitats naturels et d'origine humaine, les eaux troubles et les habitats saumâtres. *An. arabiensis* est décrit comme une espèce zoophile, exophagique et exophile, mais présente un large éventail de modes d'alimentation et de repos, en fonction de son emplacement géographique. Cette plasticité comportementale permet à *An. arabiensis* de rapidement s'adapter au contrôle des PID, ce qui indique l'évitement comportemental des surfaces pulvérisées en fonction du type d'insecticide utilisé. La fréquence d'alimentation en sang varie également ; les périodes de pointe de piqûres en soirée sont signalées entre le début de soirée (19 h) et le début de matinée (03 h). Cette espèce a généralement une plus grande tendance que *An. gambiae s.s.* à piquer les animaux et à se reposer à l'extérieur.

Anopheles funestus : La composition exacte du complexe *An. funestus* (*An. funestus s.s.*, *An. parensis*, *An. vaneedeni* et *An. rivulorum*) reste obscure sans identification moléculaire. Seul *An. funestus s.s.* est impliqué dans la transmission du *Plasmodium*, tandis que les espèces apparentées n'ont aucun rôle ou seulement des rôles restreints dans la transmission. On suppose que les rapports de *An. funestus* sont tous *sensu stricto*. Un habitat larvaire typique de *An. funestus* est un grand plan d'eau douce permanent ou semi-permanent avec une végétation émergente, comme un marécage, un grand bassin et/ou les bords d'un lac. *An. funestus* est une espèce hautement adaptable, ce qui lui permet d'occuper et de maintenir sa large répartition, ainsi que d'utiliser et de se conformer aux nombreux habitats et conditions climatiques. *An. funestus* est considéré comme fortement anthropophile avec une tendance de piqûre nocturne (après 22 h). Des comportements de repos endophiles et d'alimentation endophages sont également régulièrement signalés, et ces caractéristiques sont responsables de la disparition rapide de ce vecteur après l'utilisation accrue des PID et des MII. Par rapport aux autres espèces de vecteurs dominantes en Afrique, *An. funestus* présente un comportement assez constant (généralement anthropophile, endophage et endophile) dans toute son aire de répartition. En l'absence d'utilisation d'insecticide, le comportement de repos endophile de *An. funestus*, combiné à une longévité relativement élevée, en fait un vecteur aussi bien, ou mieux dans certains domaines, que *An. gambiae s.s.*

Anopheles nili : Le complexe *An. nili* comprend *An. carnevalei*, *An. nili s.s.*, *An. ovengensis* et *An. somalicus*. *An. nili s.s.* est l'un des vecteurs de paludisme les plus importants en Afrique subsaharienne. Son aire de répartition géographique est très large et s'étend sur la majeure partie de l'Afrique de l'Ouest, du Centre et de l'Est, peuplant principalement les savanes humides et les zones de forêts pluviales dégradées. Au Mali, le complexe semble avoir une structure génétique distincte.¹³⁴ Il est considéré comme fortement anthropophile et se nourrira facilement à l'intérieur comme à l'extérieur.¹³⁵⁻¹⁴⁴ On le trouve parfois en train de piquer à l'extérieur en début de soirée,

lorsque les gens sont en train de socialiser ; puis, il continue de piquer à l'intérieur une fois que les gens s'y déplacent, avec un pic d'alimentation se produisant avant minuit. Bien que se nourrissant de manière préférentielle de sang humain, ce moustique peut être hautement zoophile.^{141,142} *An. nili* est généralement responsable de la transmission dans les villages proches des rivières, mais son nombre diminue rapidement dans un rayon de quelques kilomètres des sites de reproduction.¹⁴⁴ Il est également présent à la périphérie des zones urbaines. Les larves se développent au bord ensoleillé des rivières et des ruisseaux rapides, où la végétation et les débris flottants constituent des abris appropriés. La prévalence des infections du *Plasmodium* chez les femelles sauvages se situe généralement entre 1 et 3 %, et un taux de transmission atteignant 200 piqûres infectieuses/individu/année a été rapporté dans les documents destinés au *An. nili*.^{140,141,145}

***Anopheles coustani*:** *An. coustani* est répandu dans une grande partie de l'Afrique, mais n'est pas signalé en Mauritanie ni au Niger. En Afrique de l'Ouest et du Centre, la forme *ziemanni* est exclusivement retrouvée le long de la côte et coexiste avec la forme *typicus* [Hamon, 1951]. Les larves sont présentes dans des endroits extrêmement variés : marécages, étangs, bords de lacs et de rivières, rizières, mares herbeuses temporaires et roches creuses, et peuvent également proliférer dans des habitats d'origine humaine. Elles peuvent tolérer un léger degré de salinité (*An. coustani ziemanni*) et se développer dans les habitats où la température de l'eau descend jusqu'à 4 °C de nuit (*An. coustani typicus*).¹³⁵ Les adultes sont exophiles dans la majeure partie de leur aire de répartition et on sait qu'ils pénètrent dans des tentes éclairées probablement dans le but de s'y reposer.¹²⁴ *An. coustani ziemanni* est considéré comme un vecteur agressif piquant à l'extérieur, surtout aux premières heures du soir, au bord des rivières.¹⁴⁶ Il a été démontré que *An. coustani s.l.* a des tendances exophagiques, ainsi que des comportements de recherche de nourriture en début de soirée en Zambie, au Nigeria, au Mozambique et en Ethiopie.¹⁴⁶⁻¹⁴⁹ *An. coustani* affiche des périodes de pointe de piqûres à l'extérieur avant 21 h, étant très actif de 20 h à 21 h, l'activité de piqûre diminuant progressivement tout au long de la nuit. La combinaison du comportement de recherche de nourriture en extérieur et en début de soirée pour cette espèce pourrait augmenter son potentiel en tant que vecteur secondaire dans les zones où des mesures de contrôle à l'intérieur, comme les PID ou les MII, sont utilisées. Le complexe *An. coustani* à Macha, dans le sud de la Zambie, a manifesté une anthropophilie étonnamment élevée.

***Anopheles pharoensis*:** *An. pharoensis* est principalement une espèce des grands marécages végétalisés. On le trouve également le long des rives des lacs et parmi les plantes flottantes, les réservoirs, les rizières, les ruisseaux, les fossés et les puits envahis par la végétation. *An. pharoensis* se reproduit en grande partie dans les marais et ce, dans toute son aire de répartition ; on le retrouve en très grand nombre associé à l'herbe aquatique *Ceratophyllum demersum* L.¹⁵⁰ C'est une espèce variable à la fois en morphologie et en bionomie, les adultes ayant des comportements variables en fonction de la région dans laquelle ils se trouvent ; ils sont parfois anthropophiles, parfois zoophiles, parfois endophiles ou exophiles.¹⁵¹⁻¹⁵³ *An. pharoensis* pique les humains et les animaux à l'intérieur ou à l'extérieur et se repose à l'extérieur après s'être nourri.¹⁵³ Il se nourrit du crépuscule à l'aube avec un pic vers 01 h. *An. pharoensis* est particulier dans la mesure où il peut apparaître en très grand nombre pendant plusieurs nuits, et disparaître ensuite d'une région particulière pendant de longues périodes. C'est le principal vecteur du paludisme en Égypte, mais son rôle de vecteur du

paludisme est mineur ailleurs. Des études sur le *Plasmodium falciparum* ont démontré des taux d'infection chez le *An. pharoensis* allant de 0,5 % au Sénégal à 1,3 % au Kenya.^{154,155}

***Anopheles rufipes*:** *An. rufipes* est principalement un moustique de savane et les endroits de reproduction sont variés, généralement ensoleillés ou à l'ombre légère.^{96,156-158} Il vient sous trois formes, notamment *ingrami*, *seneveti* et *brucechwatti*.¹⁵⁹ [Edward 1929; Hamon et al 1961b]. *An. rufipes* est exophagique et partiellement endophile, et a également été signalé dans de petits plans d'eau tels que des flaques d'eau situées dans les lits des rivières et même des empreintes de sabots d'animaux.⁹⁶ [Holstein et al 1961]. Ce vecteur a été observé dans plusieurs régions du Mali (y compris Bamako) et est présent en grand nombre dans les habitations, rivières, étangs, rizières, marécages, cultures irriguées, roches creuses et ruisseau résiduel [Holstein et al, 1961]. Dans une étude menée au Burkina Faso voisin, près de 12 % des moustiques capturés dans un village de savane étaient des *An. rufipes* avec un taux d'infection estimé à 1,2 %.¹⁶⁰ Bien que l'ampleur de sa contribution à la transmission du paludisme ne soit pas claire, *An. rufipes* est probablement un vecteur important du paludisme dans la région sahélienne compte tenu de sa fréquence, en particulier pendant la saison sèche.

La Figure 39 décrit la répartition des espèces enregistrées dans toutes les enquêtes par région.

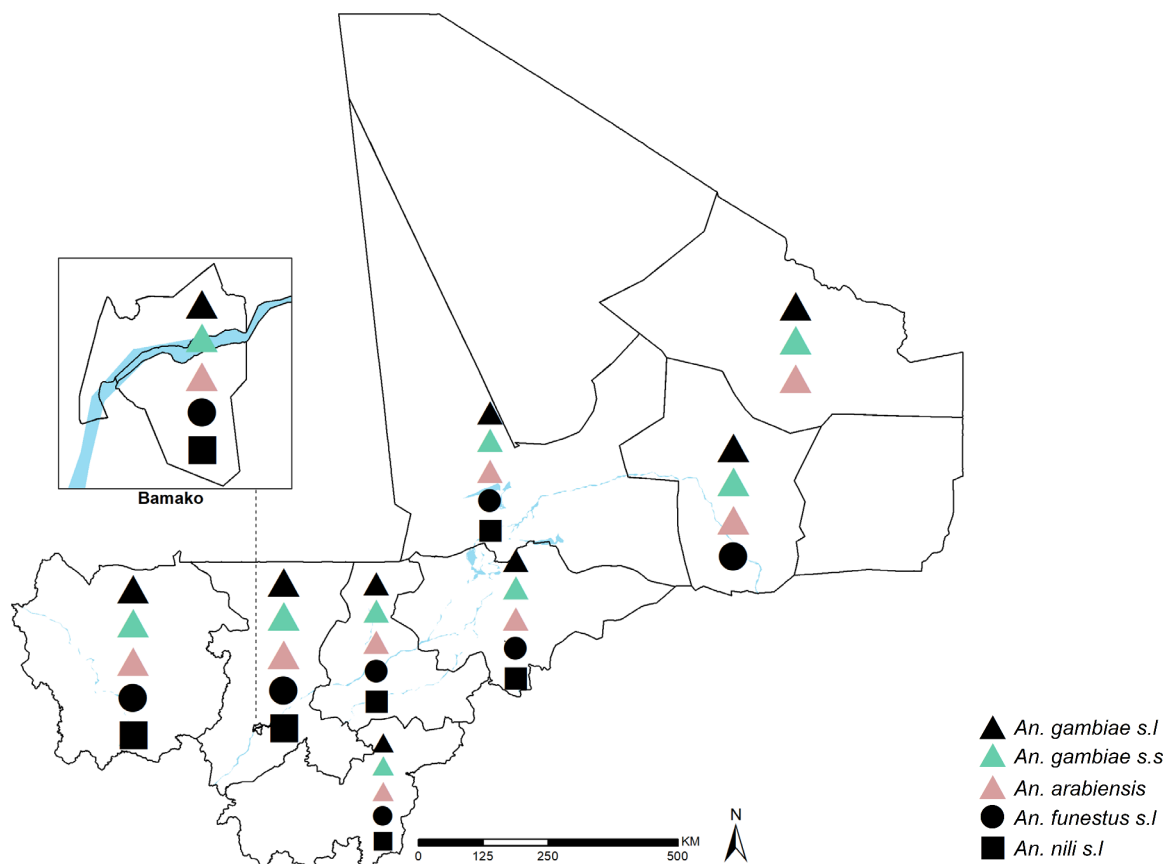


Figure 39 Identification des espèces enregistrées dans toutes les enquêtes par région

Lutte contre les vecteurs du paludisme

1.17 Pulvérisations intradomiciliaires à effet rémanent

La pulvérisation d'insecticides existe depuis longtemps au Mali, bien que l'intervention n'ait jamais été mise en œuvre à grande échelle au niveau national. Dès 1904, les interventions environnementales à travers le programme « hygiène prophylactique » ont commencé à réduire les populations de moustiques dans les établissements européens et africains.¹⁶⁰ Celles-ci ont été principalement réalisées dans des zones urbaines telles que Bamako et Kayes.^{161,162} Ces efforts ont été accentués lorsque l'Office du Niger a été créé par les Français pour construire des barrages et des canaux, afin d'irriguer les terres au nord du fleuve Niger pour la culture du coton et du riz.^{161,163} En plus de la chimioprophylaxie, la principale intervention au Mali dans les années 1940 était la pulvérisation des sites de reproduction lors des visites à domicile.^{77,164} La pulvérisation domestique de DDT a commencé en 1950 et s'est poursuivie pendant sept ans.^{161,165,166} Cependant, en 1978, les programmes verticaux ont été supprimés et le paludisme a été intégré au système de soins de santé primaires. Le traitement présomptif des patients est devenu la principale approche pour lutter contre le paludisme dans tout le pays.¹⁰⁵

Au moment de la création du PNLP au Mali, il n'existait pas de programme opérationnel pour les PID au Mali, bien que la stratégie nationale de lutte contre le paludisme le recommandât dans les zones sujettes aux épidémies. En 2008, la PMI a commencé à soutenir l'intensification des PID dans les districts de Bla et de Koulikoro, parallèlement aux efforts de traitements larvicides déployés dans le cadre du PNLP. La population de ces deux districts était estimée à 405 936 personnes réparties dans 87 198 ménages.¹⁶⁷ Le pyréthrianoïde lambda-cyhalothrine (ICON-CS[®]) a été choisi comme insecticide primaire pour les PID.¹⁶⁷ Des recherches opérationnelles en 2010 concernant les traitements larvicides en association avec les PID ont permis d'identifier des différences dans les densités de repos, les taux de piqûres, les taux d'EIR et les taux de sporozoïtes.³ En 2011, Baraouelli est devenu le troisième district soutenu en matière de PID par la PMI, avec une couverture d'intervention de 836 568 personnes dans les trois districts en 2014.¹⁶⁸

En raison des coûts associés à la transition vers les insecticides organophosphorés, le nombre de districts couverts a été réduit à deux en 2015. Cependant, avec l'aide supplémentaire du projet UNITAID de Pulvérisations intradomiciliaires à effet rémanent de prochaine génération (NGenIRS) en 2016, la campagne du projet a été élargie pour inclure les cibles de 2015 de Baraoueli, Fana et Koulikoro.³ La couverture a été récemment déplacée dans quatre districts de la région de Mopti en 2017, avec un soutien supplémentaire permettant d'améliorer les formations, les achats de produits de première nécessité et d'équipements de protection individuelle, le suivi et l'évaluation et la supervision. Ce changement était basé sur les résultats de la MIS de 2015 au sujet de la prévalence élevée dans la région de Mopti, ainsi que sur l'achèvement des PID à Baraoueli, Fana et Koulikoro. Cela devrait permettre de couvrir environ 150 000 structures en vue de la protection de 650 000 personnes.³ Toutes les structures admissibles dans les districts de Badiagara, Bankass, Djenné et Mopti seront couvertes par cette approche, les résurgences post-PID étant surveillées par la PMI et le PNLP. En raison du degré de surveillance en cours dans la région, il est dirigé pour

cibler les PID aussi basses que le secteur de la santé, plutôt que le niveau du district à moyen ou long terme.³

Les PID sont souvent aussi utilisées dans le secteur privé, avec au moins cinq sociétés minières au Mali fournissant un tel service dans les sites de résidence et les villages voisins.³

Selon le Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022, 91 % de la population à risque dans les zones ciblées étaient protégés par les PID en 2017. Cela dépasse l'objectif de la stratégie 2013-2017 visant à fournir une protection de 80 % dans les zones ciblées. Des PID sont maintenant menées au Mali à la suite de campagnes communautaires impliquant des émissions de radio, des visites à domicile et des distributions de documents imprimés.³ Un suivi est effectué sur les sites de PID de Mopti, ainsi que dans trois des anciens sites de PID, afin de surveiller les effets du sevrage.³

1.18 Distribution de MII et de MILD

Distribution de MII 2000 - 2014

Comme identifié dans le Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022, le premier profil LINK, et à travers les difficultés rencontrées lors de la collecte des données pour le profil révisé, il existe plusieurs lacunes au Mali en ce qui concerne les connaissances et la recherche sur le paludisme.

En 2002, l'utilisation des MII était considérée comme un outil préventif essentiel pour la lutte contre le paludisme au Mali. Dans les années 1990, le projet NetMark a été créé avec le financement de l'USAID et d'autres partenaires afin de soutenir la disponibilité des MII par le biais du marketing social, et le Mali a été sélectionné comme l'un des premiers pays d'Afrique à bénéficier d'un tel soutien. Entre 2003 et 2006, des réductions substantielles du coût unitaire des MII ont été mises en évidence dans le secteur du commerce de détail grâce au projet NetMark, ce qui a augmenté la disponibilité des moustiquaires dans le secteur privé en collaborant avec de grands fabricants de moustiquaires et un système de coupons dans un district. En outre, le gouvernement malien a accepté la révocation des taxes sur les MII. Plus de 300 000 MII ont été distribuées au Mali à la clôture du projet en décembre 2006.¹⁶⁹

Distribution de MII de 2014 jusqu'à maintenant

Les MII sont fournies gratuitement par le biais de distributions massives aux ménages ou, régulièrement, par le biais de cliniques ANC et PEV, la première distribution gratuite ayant eu lieu en 2007.³ Le Plan Stratégique de Lutte Contre le Paludisme 2018-2022 stipule que toutes les femmes enceintes doivent recevoir une MILD gratuite lors de leur première visite prénatale, dans le but de garantir que 80 % des femmes enceintes utilisent une MILD d'ici 2022. L'utilisation de moustiquaires par les femmes enceintes doit être encouragée par le biais de campagnes de sensibilisation menées en personne et à la radio.

Le PNLP a annoncé la distribution de 12 226 202 MILD à partir de 2018 par le biais de neuf campagnes de distribution de masse.¹ Les distributions systématiques signalées aux femmes enceintes et aux nouveau-nés ont varié, avec 1 436 163 en 2013 ; 1 466 265 en 2013 ; 1 997 451 en 2015 ; 1 400 000 en 2016 ; et 1 249 950 en 2017. En 2013, le PNLP a été perturbé en ce qui concerne la distribution des MILD en raison de la crise sociopolitique qui a entraîné la suspension des subventions et des activités des partenaires du Fonds mondial.¹

En 2015, 39 % des ménages avaient au moins une MILD pour deux personnes en 2015 et 68 % de toutes les personnes à risque dormaient sous une MILD la nuit précédant la même enquête.¹⁷⁰ Au cours de la même période, 71 % des moins de 5 ans auraient dormi sous une MILD la nuit précédant l'enquête, de même que 78 % des femmes enceintes. Ceci est assez proche de l'objectif de stratégie 2013-2017 de 80 % de la population à risque de paludisme utilisant des MII.

Les femmes enceintes et l'utilisation des MILD différaient légèrement selon les emplacements : 77,4 % des femmes enceintes dans les zones urbaines utilisaient une moustiquaire contre 80,6 % dans les zones rurales. Quatre-vingt-quinze pour cent des ménages possédaient une moustiquaire, indépendamment de leur statut de traitement ou de leur statut urbain/rural.¹

Cartographie des MII

En règle générale, les enquêtes nationales auprès des ménages sont conçues pour être précises aux niveaux national et régional, et rarement aux niveaux inférieurs, tels que les districts. Par conséquent, le simple fait d'agrèger les données d'enquête, pour obtenir des estimations au niveau du district d'un résultat d'intérêt, conduira à des valeurs peu précises. Les méthodes de SAE permettent de régler le problème de la réalisation d'estimations fiables pour une variable à ces unités de surface dans des conditions où les informations disponibles pour la variable, à elles seules, ne sont pas suffisantes pour effectuer des estimations valables.¹⁷¹ Les données géocodées sur les ménages, issues des enquêtes par sondage nationales de 2010, 2012/2013 et 2015, ont été utilisées pour fournir des informations sur la couverture et l'utilisation déclarée des MILD dans 63 districts, en utilisant des méthodes d'estimation pour petites régions (Small Area Estimation/SAE). Les techniques de SAE hiérarchiques bayésiennes spatiales et temporelles ont été utilisées ci-dessous en utilisant une approche de régression géo-additive.^{172,173} Cette méthode utilise des données d'enquête provenant d'un district sanitaire, et des informations de voisinage provenant de districts adjacents pour lisser les valeurs du district sanitaire. Il est important de noter que les quantités ont été prédites dans tous les groupes d'âge, car cela représente maintenant l'indicateur clé de la couverture universelle et cela est nécessaire lorsque les impacts probables sur la transmission du paludisme sont calculés.^{174,175} En outre, les cibles recommandées par l'OMS pour la couverture universelle ont été définies selon au moins 2 personnes par MILD et par ménage, et indiquées pour chaque année d'enquête nationale.

Grâce à ces méthodes, la Figure 40 présente le pourcentage de ménages ayant une couverture universelle de MII, défini ici selon au moins une MII pour deux personnes. En 2015, 13 des districts avaient atteint plus de 20 % de la couverture, contre trois en 2010 et 15 en 2012/2013.

En outre, des cartes de l'utilisation de moustiquaires, à travers la proportion de la population dormant sous une MII, ont été fournies. Encore une fois, les cartes produites par l'exercice de modélisation des données sur les ménages (Figure 41) indiquent que l'utilisation de moustiquaires par district s'est améliorée à l'échelle du pays. En 2010, 20 districts ont signalé que plus de 60 % de la population dormaient sous une MII. En 2015, trois d'entre eux avaient atteint une couverture de 80 % ou plus.

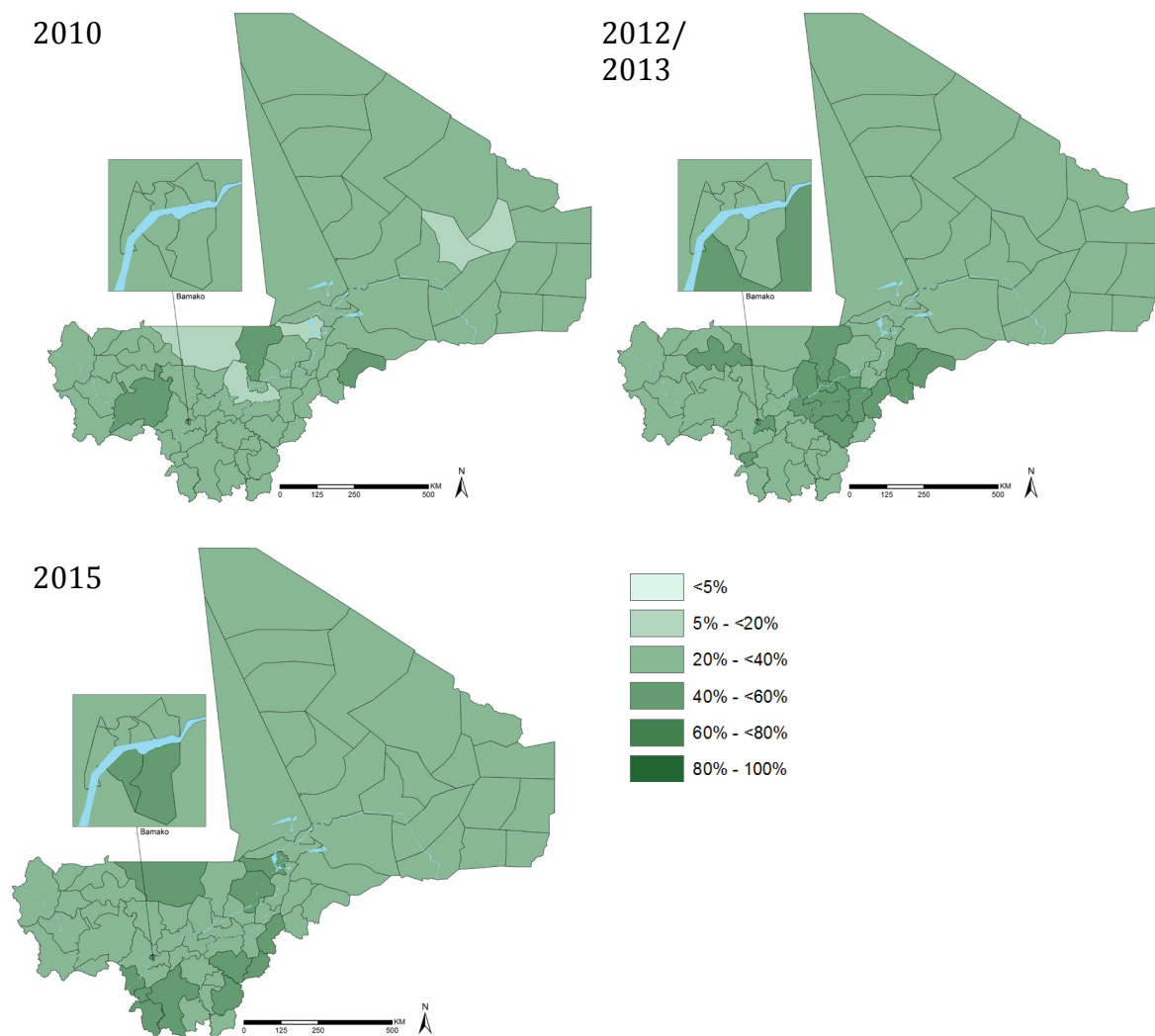


Figure 40 Pourcentage de ménages ayant au moins une MII pour deux personnes en 2010, 2012/2013 et 2015

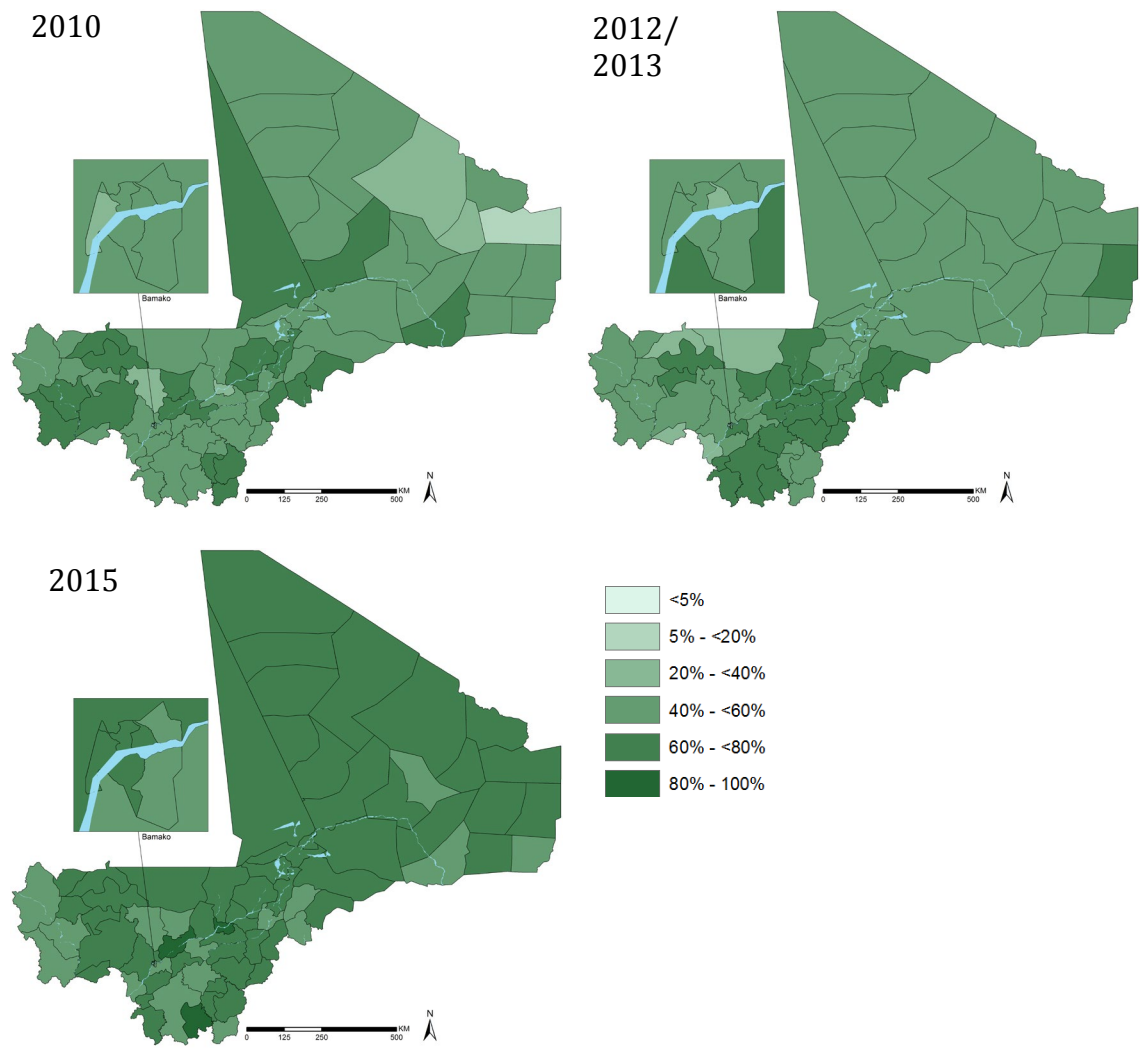


Figure 41 Pourcentage de ménages dormant sous une MII en 2010, 2012/2013 et 2015

Interrogation des résultats

Les conclusions ci-dessus doivent être examinées et interrogées par le PNLN et les organisations partenaires, une fois les résultats diffusés en septembre 2018.

1.19 Lacunes en matière de connaissances et de recherche

Le Mali est intrinsèquement confronté aux lacunes en matière de recherche en raison du conflit en cours dans les régions du nord du pays. Les perturbations du programme ont impliqué des priorités en matière de santé, telles que les calendriers de vaccination, la gestion du VIH/SIDA, et le diagnostic et le traitement du ver de Guinée, de la tuberculose et du paludisme. De même, les données épidémiologiques relatives à la lutte contre le paludisme ont souffert de la transmission au niveau central, soit en raison du manque d'infrastructures pour le faire, ou en raison d'un nombre insuffisant d'établissements de santé.

La population mobile au Mali nécessite une attention particulière en ce qui concerne les données paludométriques, car les populations du nord sont particulièrement exposées au paludisme grave et sont susceptibles d'être déplacées en raison du conflit en cours. La saisie de données pertinentes peut servir à améliorer la planification de la lutte contre les maladies et les liaisons entre les différents secteurs de la santé et de l'agriculture, car ce sont des populations particulièrement vulnérables à la sécheresse, à la malnutrition et à la violence. Une étude plus approfondie des zones urbaines du Mali pourrait également s'avérer instructive, étant donné que la population urbaine augmente rapidement et que des possibilités de lutte peuvent être identifiées.

Les régions du nord du Mali ne sont souvent pas saisies par de vastes enquêtes et nécessitent un recours à la force des données provenant d'autres régions ou d'enquêtes passées, et réduisent la précision globale des prévisions. Cependant, ces régions ont de vastes zones d'aridité ou de semi-aridité peu peuplées et dont la transmission du paludisme est généralement faible.

Comme cela a été souligné dans le Plan Stratégique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022, le suivi continu des indicateurs, dans le plan de S&E associé, sera essentiel pour garantir que des progrès sont réalisés grâce à l'exécution des interventions. Ces éléments seront idéalement facilités par un engagement avec le secteur privé et un plaidoyer auprès des populations cibles.

Annexe A : Cartographie des unités administratives de santé

Le fichier de forme des unités administratives de santé, utilisé pour la cartographie (75 districts), a été fourni par Ousmane Toure (obtoure@gmail.com) du Cluster Santé de l'OMI à Nicholas Dellasanta du programme LINK (nicholas.dellasanta1@lshtm.ac.uk). Les unités utilisées n'avaient pas encore été validées par l'Institut géographique du Mali lorsqu'elles ont été fournies, car elles comprenaient les deux nouvelles régions de Taoudenit (anciennement dans la région de Tombouctou) comprenant six districts, et la région de Menaka (anciennement dans la région de Gao) comprenant quatre districts. Toutefois, le Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique a utilisé les 75 districts du *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire* du 29 avril 2018, ce qui justifie leur utilisation en tant que futures limites de planification. En juillet 2018, ces informations ont été de nouveau confirmées lors d'une réunion à mi-parcours avec le PNLP et ses partenaires.

Le fichier de forme fourni contenait 80 districts ; cependant, cinq « polygones de ruban » ont été identifiés après un nettoyage soigné et des comparaisons avec d'autres fichiers de forme. Les polygones de ruban ont dupliqué les noms des cinq districts.

Références

1. Programme National de Lutte contre le Paludisme. *Plan Strategique de Lutte contre le Paludisme 2018-2022*. (Ministere de la Sante, 2018).
2. Doumbo, O. *et al.* LES ASPECTS PARASITOLOGIQUES DE L'EPIDEMIOLOGIE DU PALUDISME DANS LE SAHARA MALIEN. *Médecine Afr. Noire* **38**, (1991).
3. President's Malaria Initiative. *MALI: Malaria Operational Plan FY 2018*. (USAID, 2018).
4. Niangaly, A. *et al.* Plasmodium vivax Infections over 3 Years in Duffy Blood Group Negative Malians in Bandiagara, Mali. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **97**, (2017).
5. Coetzee, M. & Koekemoer, L. L. Molecular Systematics and Insecticide Resistance in the Major African Malaria Vector *Anopheles funestus*. *Annu. Rev. Entomol.* **58**, (2013).
6. Toure, Y. *et al.* Ecological genetic studies in the chromosomal form Mopti of *Anopheles gambiae* s.str. in Mali, West Africa. *Genetica* **94**, (1994).
7. Traore, Y. Caractéristiques entomologiques et parasitologiques de l'épidémiologie du paludisme au Banambani. (Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée (ISFRA), 1988).
8. Snow, R., Marsh, K. & le Sueur, D. The Need for Maps of Transmission Intensity to Guide Malaria Control in Africa. *Parasitol. Today* **12**, (1996).
9. Snow, R. & Noor, A. *Malaria risk mapping in Africa*. (2015).
10. Diggle, P. & Ribeiro, P. J. *Model-based Geostatistics*. (Springer, 2007).
11. Snow, R., Amratia, P., Kabaria, C., Noor, A. & Marsh, K. The changing limits and incidence of malaria in Africa: 1939-2009. *Adv. Parasitol.* **78**, (2012).
12. World Health Organization/Roll Back Malaria Partnership Secretariat. *The Abuja Declaration and the Plan of Action*. (2000).
13. PNL. *Revue du Programme Paludisme (RPP)*. (Ministère de la Santé et Programme National de Lutte contre le Paludisme, 2013).
14. Programme National de Lutte contre le Paludisme. *Plan Strategique de Lutte contre le Paludisme 2013-2017*. (Ministere de la Sante, 2013).
15. The Central Intelligence Agency. Africa: Mali. *The World Factbook* (2018).
16. Institut National de la Statistique (INSTAT). *Annuaire Statistique du Mali 2015*. (Institut National de la Statistique (INSTAT), 2016).
17. Chirico, P. G., Barthélémy, F. & Koné, F. *Alluvial diamond resource potential and production capacity assessment of Mali*. (USGS, 2010).
18. Council on Foreign Relations. Destabilization of Mali. *Global Conflict Tracker* (2018).
19. Azawad Conflict. *The Conflict Watch*
20. Baker, K. M., Clark, A. & Imperato, P. J. Mali. *Encyclopaedia Britannica* (2018).
21. The Library of Congress. *Country Profile: Mali*. (The Library of Congress Federal Research Division, 2005).
22. Institut National de la Statistique (INSTAT). *Mali 4th General Census of Population and Housing*. (Institut National de la Statistique (INSTAT), 2009).
23. Food and Agricultural Organization of the United Nations. *Report No 1 - 9 June 2004*. (Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2004).
24. McSweeney, C., New, M. & Lizcano, G. *UNDP Climate Change Country Profiles: Mali*. (School of Geography and the Environment, 2010).
25. Noor, A. *et al.* Sub-national targeting of Seasonal Malaria Chemoprevention in the Sahelian countries of the Nouakchott Initiative. *PLoS One* **10**, (2015).

26. Cairns, M. *et al.* Estimating the potential public health impact of seasonal malaria chemoprevention in African children. *Nat. Commun.* **3**, (2012).
27. Trabucco, A. & Zomer, R. *Global Aridity Index (Global-Aridity) and Global Potential Evapo-Transpiration (Global-PET) Geospatial Database*. (CGIAR Consortium for Spatial Information, 2009).
28. Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P. & Jarvis, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* **25**, (2005).
29. Hargreaves, G. & Allen, R. History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. *J. Irrig. Drain. Eng.* **129**, (2003).
30. Hargreaves, G., Hargreaves, G. & Riley, J. Irrigation water requirements for Senegal River basin. *J. Irrig. Drain. Eng.* **111**, (1985).
31. Allen, R., Pereira, L., Raes, D. & Smith, M. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements*. (FAO, 1998).
32. Shanahan, T. *et al.* Atlantic Forcing of Persistent Drought in West Africa. *Science* **324**, (2009).
33. Batterbury, S. Landscapes of Diversity: A Local Political Ecology of Livelihood Diversification in South-Western Niger. *Cult. Geogr.* **8**, (2001).
34. Wijkman, A. & Timberlake, L. *Natural Disasters: Acts of God or Acts of Man?* (International Institute for Environment and Development, 1984).
35. Gautier, D., Denis, D. & Locatelli, B. Impacts of drought and responses of rural populations in West Africa: a systematic review. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change* **7**, (2016).
36. United Nations High Commissioner for Refugees. *Mali Situation (Mali, Niger, Burkina Faso)*. 98–101 (UNHCR, 2013).
37. United Nations High Commissioner for Refugees. *Mali*. 1–6 (UNHCR, 2014).
38. UK Foreign and Commonwealth Office. *Mali. Foreign Travel Advice* (2018).
39. Institute for Economics and Peace. *Global Terrorism Index 2017*. (Institute for Economics and Peace, 2017).
40. United Nations High Commissioner for Refugees. *Mali*. (UNHCR, 2018).
41. The World Bank Group. *Mali. The World Bank, Data* (2018).
42. Population Reference Bureau. *2017 World Population Data Sheet*. (Population Reference Bureau, 2017).
43. International Monetary Fund. *World Economic Outlook (April 2018). IMF DataMapper* (2018).
44. Linard, C., Gilbert, M., Snow, R., Noor, A. & Tatem, A. Population Distribution, Settlement Patterns and Accessibility across Africa in 2010. *PLoS One* **7**, (2012).
45. Mennis, J. Dasymeric Mapping for Estimating Population in Small Areas. *Geogr. Compass* **3**, (2009).
46. United Nations. *World Urbanization Prospects: The 2010 Revision*. (UN Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Population Estimates and Projections Section, 2011).
47. United Nations. *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*. (UN Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Population Estimates and Projections Section, 2012).
48. The World Bank Group. *Sub-Saharan Africa. The World Bank, Data* (2018).
49. International Organization for Migration. *The Mali Migration Crisis at a Glance*. (International Organization for Migration, 2013).
50. Bloland, P. B. & Williams, H. A. *Malaria Control during Mass Population Movements and Natural Disasters*. (National Academies Press (US), 2002).

51. The World Bank Group. The World Bank in Mali: Country Overview. *The World Bank* (2018).
52. Organisation for Economic Co-operation and Development. *DEVELOPMENT AID AT A GLANCE: STATISTICS BY REGION - AFRICA*. (OECD, 2018).
53. UNICEF. *Infant mortality rate*. (UNICEF, 2017).
54. UNICEF. *Under-five mortality rate*. (UNICEF, 2017).
55. Population Reference Bureau. *2010 World Population Data Sheet*. (Population Reference Bureau, 2010).
56. Institute for Health Metrics and Evaluation. GBD Compare | Viz Hub. (2018).
57. UNICEF. Water, Sanitation and Hygiene. *Child Survival and Development: Mali*
58. Diarra, S. *et al. Decentralisation in Mali: putting policy into practice*. (SNV - Netherlands Development Organisation, Koninklijk Instituut voor de Tropen, 2004).
59. Lodenstein, E. & Dao, D. Devolution and human resources in primary healthcare in rural Mali. *Hum. Resour. Health* **9**, (2011).
60. Balique, H. Mali: a health care system in full transformation. *Med. Trop. (Mars.)* **58**, (1998).
61. Coulibaly, S. *et al. Une médecine rurale de proximité: l'expérience des médecins de campagne au Mali*. *Educ. Health* **20**, (2007).
62. Schmid, B., Thomas, E., Olivier, J. & Cochrane, J. *The Contribution of Religious Entities to Health in Sub-Saharan Africa*. (African Religious Health Assets Programme (ARHAP), 2008).
63. Hjalte, F. *The National Health Accounts Process in Mali*. (Department for Democracy and Social Development, 2006).
64. Medecins Sans Frontieres. *International Activity Report 2016: Mali*. (Medecins Sans Frontieres, 2016).
65. World Health Organization. Mali - Renseignements de Pays. *Mali* (2017).
66. World Health Organization. NHA Indicators. *Global Health Expenditure Database* (2014).
67. International Insulin Foundation. Mali's Health System. *IIF*
68. Detmer, D. E. Building the national health information infrastructure for personal health, health care services, public health, and research. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* **3**, (2003).
69. World Health Organization. *60th World Health Assembly, Resolution 60.27 Strengthening of health information systems*. (World Health Organization, 2007).
70. Boerma, J. T. & Stansfield, S. K. Health statistics now: are we making the right investments. *The Lancet* **369**, (2007).
71. Osiobe, S. A. Health information imperatives for Third World Countries. *Soc. Sci. Med.* **28**, (1989).
72. World Health Organization. *Framework and Standards for Country Health Information Systems: Second Edition*. (World Health Organization, 2012).
73. Bullen, N., Moon, G. & Jones, K. Defining localities for health planning: a GIS approach. *Soc. Sci. Med.* **42**, (1996).
74. Gatrell, A. C. & Löytönen, M. *GIS and Health*. (Taylor & Francis, 1998).
75. Noor, A., Gikandi, P., Hay, S., Muga, R. & Snow, R. Creating spatially defined databases for health service planning in resource poor countries: The example of Kenya. *Acta Trop.* **91**, (2004).
76. Kazembe, L. N., Appleton, C. C. & Kleinschmidt, I. Geographical disparities in core population coverage indicators for Roll Back Malaria in Malawi. *Int. J. Equity Health* **6**, (2007).

77. Lozano-Fuentes, S. *et al.* Use of Google Earth™ to strengthen public health capacity and facilitate management of vector-borne diseases in resource-poor environments. (World Health Organization, 2008).
78. Humanitarian Data Exchange. Mali Health Sites. WHO, UNICEF (2015).
79. Ministry of Health [Mali]. CSCOM health facilities list. (2016).
80. WASH Cluster Mali. *Mali health facility list.* (2016).
81. Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique, Ministère du Travail et des Affaires Sociales et Humanitaires & Ministère de la Promotion de la Femme, de la Famille et de l'Enfant. *PLAN DECENNAL DE DEVELOPPEMENT SANITAIRE ET SOCIAL (PDDSS) 2014-2023.* (Republique du Mali, 2014).
82. Meremikwu, M., Donegan, S., Sinclair, D., Esu, E. & Oringanje, C. Intermittent preventive treatment for malaria in children living in areas with seasonal transmission. *Cochrane Database Syst. Rev.* **2**, (2012).
83. Greenwood, B., Bogang, K., Tagbor, H. & Pagnoni, F. Combining community case management and intermittent preventive treatment for malaria. *Trends Parasitol.* **27**, (2011).
84. Wilson, A. A systematic review and meta-analysis of the efficacy and safety of Intermittent Preventive Treatment in children (IPTc). *PLoS One* **6**, (2011).
85. McKenzie, F. E., Killeen, G. F., Beier, J. C. & Bossert, W. H. Seasonality, Parasite Diversity, and Local Extinctions in Plasmodium falciparum Malaria. *Ecology* **82**, (2001).
86. Carneiro, I. *et al.* Age-patterns of malaria vary with severity, transmission intensity and seasonality in sub-Saharan Africa: A systematic review and pooled analysis. *PLoS One* **5**, (2010).
87. Coulibaly, D. *et al.* Impact of Preseason Treatment on Incidence of Falciparum Malaria and Parasite Density at a Site for Testing Malaria Vaccines in Bandiagara, Mali. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **67**, (2002).
88. Dicko, A. *et al.* Impact of intermittent preventive treatment with sulphadoxine-pyrimethamine targeting the transmission season on the incidence of clinical malaria in children in Mali. *Malar. J.* **7**, (2008).
89. World Health Organization. *Seasonal Malaria Chemoprevention with sulphadoxine-pyrimethamine and amodiaquine in children: a field guide.* (World Health Organization, 2013).
90. Strachan, C. E. *et al.* The use of formative research to inform the design of seasonal malaria chemoprevention intervention in northern Nigeria. *Malar. J.* **15**, (2016).
91. World Health Organization. *World Malaria Report 2017.* (World Health Organization, 2017).
92. Touré, Y. SENSIBILITE D'ANOPHELES GAMBIAE S.L. AUX INSECTICIDES DANS LA ZONE DU BARRAGE DE SELINGUE. *Parassitologia* **26**, (1984).
93. Fanello, C. *et al.* The pyrethroid knock-down resistance gene in the Anopheles gambiae complex in Mali and further indication of incipient speciation within An. gambiae s.s. *Insect Mol. Biol.* **12**, (2003).
94. Tripet, F. *et al.* Longitudinal Survey of Knockdown Resistance to Pyrethroid (KDR) in Mali, West Africa, and Evidence of its Emergence in the Bamako Form of Anopheles gambiae s.s. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **76**, (2007).
95. Cisse, M. B. *et al.* Characterizing the insecticide resistance of Anopheles gambiae in Mali. *Malar. J.* **14**, (2015).
96. Hamon, J. *et al.* Les Moustiques de la Republique du Mali. *Ann. Soc. Entomol. Fr.* **130**, (1961).

97. Le Moal, M. Etude sur les moustiques en Afrique Occidentale française - role pathogen eprophylaxie. *Ann Hyg Med* **9**, (1906).
98. Holstein, M. Etudes su l'anophelisme en A. O. F. 1., Soudan français. A Bamako. *Bull Soc Path* **42**, (1949).
99. Joyeux, C., Sice, A. & Sautet, J. Note preliminaire sur l'anophelisme au Soudan français. *Bull Soc Path* **32**, (1932).
100. Leger, A. Le paludisme dans le Haut-Senegal et Niger. Index endemique de la ville de Bamako. *Bull. Soc. Pathol. Exot. Filiales* **7**, (1914).
101. Gambier, A. Index endémique paludéen de la ville de Bamako (Soudan Français). *Bull. Soc. Pathol. Exot. Sa Fil. Ouest Afr.* **15**, (1922).
102. Sautet, J. & Marneffe, H. Notes sur le paludisme, la bilharziose le intestinale, les teignes, etc. au Soudan français. *Med. Trop. (Mars.)* **3**, (1943).
103. Escudie, A. & Hamon, J. LE PALUDISME EN AFRIQUE OCCIDENTALE D'EXPRESSION FRANÇAISE. *Med. Trop. (Mars.)* **21**, (1961).
104. Kleinschmidt, I., Bagayoko, M., Clarke, G., Craig, M. & le Sueur, D. A spatial statistical approach to malaria mapping. *Interntional J. Epidemiol.* **29**, (2000).
105. Programme National de Lutte contre le Paludisme. *Plan Strategique de Lutte contre le Paludisme 2001-2005*. (Ministere de la Sante, 2001).
106. Kleinschmidt, I. *et al.* An empirical malaria distribution map for West Africa. *Trop. Med. Int. Health* **6**, (2001).
107. Gemperli, A., Vounatsou, P., Sogoba, N. & Smith, T. Malaria Mapping Using Transmission Models: Application to Survey Data from Mali. *Am. J. Epidemiol.* (2005). doi:10.1093/aje/kwj026
108. Dietz, K., Molineaux, L. & Thomas, A. *A malaria model tested in the African savannah*. (World Health Organization, 1974).
109. Gosoni, L., Vounatsou, P., Sogoba, N. & Smith, T. Bayesian modelling of geostatistical malaria risk data. *Geospatial Health* **1**, (2006).
110. Traoré, K., Mariko, S., Doumbia, B. & Berthé, S. *Enquête sur la prévalence de l'Anémie et de la Parasitémie palustre chez les enfants (EA&P) au Mali 2010*. (ICF Macro, 2010).
111. Rao, J. *Small Area Estimation*. (John Wiley & Sons, Inc., 2003).
112. SAE Package Developers. *Introductin to Bayesian Small Area Estimation*. (2007).
113. Snow, R. W. The prevalence of Plasmodium falciparum in sub-Saharan Africa since 1900. *Nature* **550**, (2017).
114. Smith, D., Guerra, C., Snow, R. & Hay, S. Standardizing estimates of the Plasmodium falciparum parasite rate. *Malar. J.* **6**, (2007).
115. Tobler, W. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Econ Geogr* **46**, (1970).
116. Giorgi, E. Using non-exceedance probabilities of policy-relevant prevalence thresholds to identify areas of low malaria transmission in Somalia. *Malar. J.* **88**, (2018).
117. Giorgi, E., Diggle, P., Snow, R. & Noor, A. Disease mapping and visualization using data from spatiotemporally referenced prevalence surveys. *Int Stat Rev* (In Press).
118. Touré, Y. The Anopheles gambiae complex in West Africa. Science in Africa, Achievements and Prospects. *Am. Assoc. Adv. Sci. AAAS Publ.* **91-43S**, (1991).
119. Sogoba, N. *et al.* The spatial distribution of Anopheles gambiae sensu stricto and An. arabiensis (Diptera: Culicidae) in Mali. *Geospatial Health* **1**, (2007).

120. Touré, Y. *et al.* The distribution and inversion polymorphism of chromosomally recognized taxa of the *Anopheles gambiae* complex in Mali, West Africa. *Parassitologia* **40**, (1998).
121. Kyalo, D. *et al.* A geo-coded inventory of anophelines in the Afro-Tropical region south of the Sahara: 1898-2016. *Wellcome Open Res.* **2**, (2017).
122. White, G. *Anopheles bwambae* sp.n., a malaria vector in the Semliki Valley, Uganda, and its relationships with other sibling species of the *An. gambiae* complex (Diptera: Culicidae). *Syst. Entomol.* **10**, (1985).
123. Harbach, R. Review of the internal classification of the genus *Anopheles* (Diptera: Culicidae): The foundation for comparative systematics and phylogenetic research. *Bull. Entomol. Res.* **84**, (1994).
124. Haddow, A., Lumsden, W., Harper, J. & Gillett, J. The mosquitoes of Bwamba County, Uganda. III. Records of occurrence, behaviour and habitat. *Bull. Entomol. Res.* (1945).
125. Coluzzi, M. & Sabatini, A. Cytogenic observation on species A and B of the *Anopheles gambiae* complex. *Parassitologia* (1967).
126. Coluzzi, M. Heterogeneities of the malaria vectorial system in tropical Africa and their significance in malaria epidemiology and control. *Bull. World Health Organ.* **62**, (1984).
127. Coetzee, M. A taxonomic description of *Anopheles quadriannulatus* Theobald (Diptera: Culicidae) from southern Africa. *Syst. Entomol.* **12**, (1987).
128. Hunt, R., Coetzee, M. & Fettene, M. The *Anopheles gambiae* complex: a new species from Ethiopia. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* **92**, (1998).
129. Della Torre, A. Molecular evidence of incipient speciation within *Anopheles gambiae* s.s. in West Africa. *Insect Mol. Biol.* **10**, (2001).
130. Della Torre, A. Speciation within *Anopheles gambiae* -- the glass is half full. *Science* **298**, (2002).
131. Sogoba, N. *et al.* Spatial distribution of the chromosomal forms of *Anopheles gambiae* in Mali. *Malar. J.* **7**, (2008).
132. Touré, Y. T. *et al.* Mark-release-recapture experiments with *Anopheles gambiae* s.l. in Banambani Village, Mali, to determine population size and structure. *Med. Vet. Entomol.* **12**, (1998).
133. Lehmann, T. *et al.* Seasonal Variation in Spatial Distributions of *Anopheles gambiae* in a Sahelian Village: Evidence for Aestivation. *J. Med. Entomol.* **51**, (2014).
134. Ndo, C. *et al.* Population genetic structure of the malaria vector *Anopheles nili* in sub-Saharan Africa. *Malar. J.* **9**, (2010).
135. Gillies, M. & De Meillon, B. *The Anophelinae of Africa South of the Sahara (Ethiopian zoogeographical region)*. (The South African Institute for Medical Research Publications, 1968).
136. Costantini, C. & Diallo, M. Preliminary lack of evidence for simian odour preferences of savanna populations of *Anopheles gambiae* and other malaria vectors. *Parassitologia* **43**, (2001).
137. Awono-Ambene, H., Kengne, P., Simard, F., Antonio-Nkondjio, C. & Fontenille, D. Description and binomics of *Anopheles* (*Cellia*) *ovengensis* (Diptera: Culicidae), a new malaria vector species of the *Anopheles nili* group from south Cameroon. *J. Med. Entomol.* **41**, (2004).
138. Dia, I., Diop, T., Rakotoarivony, I., Kengne, P. & Fontenille, D. Binomics of *Anopheles gambiae* Giles, *An. arabiensis* Patton, *An. funestus* Giles and *An. nili*

- (Theobald) (Diptera: Culicidae) and transmission of Plasmodium falciparum in a Sudano-Guinean zone (Ngari, Senegal). *J. Med. Entomol.* **40**, (2003).
139. Antonio-Nkondjio, C. *et al.* High malaria transmission intensity in a village close to Yaoundé, the capital city of Cameroon. *J. Med. Entomol.* **39**, 2002
 140. Antonio-Nkondjio, C. *et al.* Complexity of the malaria vectorial system in Cameroon: contribution of secondary vectors to malaria transmission. *J. Med. Entomol.* **43**, (2006).
 141. Carnevale, P. & Zoulani, A. Agressivité d'Anopheles nili (Theobald), 1904 à l'intérieur et à l'extérieur des maisons. *Cah. ORSTOM Entomol. Medicale Parasitol.* **13**, (1975).
 142. Krafur, E. Anopheles nili as a vector of malaria in a lowland region of Ethiopia. *Bull. World Health Organ.* **42**, (1970).
 143. Coene, J. Malaria in urban and rural Kinshasa: the entomological input. *Med. Vet. Entomol.* **7**, (1993).
 144. Brunhes, J., Le Goff, G. & Geoffrey, B. Afro-tropical anopheline mosquitoes. III description of three new species: Anopheles carnevalei sp. Nov., An. Hervyi Sp. Nov., and An. dualaensis sp. Nov. and resurrection of An. rageaui Mattingly and Adam. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* **15**, (1999).
 145. Awono-Ambene, P. *et al.* Epidemiological importance of the Anopheles nili group of malaria vectors in equatorial villages of Cameroon, Central Africa. *Sci. Med. Afr.* **1**, (2009).
 146. Fornadel, C., Norris, L., Franco, V. & Norris, D. Unexpected Anthropophily in the Potential Secondary Malaria Vectors Anopheles coustani s.l. and Anopheles squamosus in Macha, Zambia. *Vector Borne Zoonotic Dis.* **11**, (2011).
 147. Taye, A., Hadis, M., Adugna, N. & Tilahun, D. Biting behaviour and Plasmodium infection rates of Anopheles arabiensis from Sille, Ethiopia. *Acta Trop.* **97**, (2006).
 148. Mendis, C., Jacobson, J., Gamage-Mendis, A. & Bule, E. Anopheles arabiensis and An. funestus are equally important vectors of malaria in Matola coastal suburb of Maputo, southern Mozambique. *Med. Vet. Entomol.* **14**, (2000).
 149. Hanney, P. The mosquitoes of Zaria Province, Northern Nigeria. *Bull. Entomol. Res.* **51**, (1960).
 150. Schwetz, J. Sur les gites lavaires d'Anopheles pharoensis Theo. et Anopheles squamosus au Congo Belge. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* **34**, (1941).
 151. Zahar, A. Review of the ecology of malaria vectors in the WHO eastern Mediterranean Region. *Bull. World Health Organ.* **50**, (1975).
 152. Zahar, A. Vector Binomics in the Epidemiology and Control of Malaria. *Part II - WHO Eur. Reg. WHO East. Mediterr. Reg.* **II**, (1989).
 153. Mouchet, J., Carnevale, P. & Manguin, S. *Biodiversity of Malaria in the World.* (John Libbey Eurotext, 2008).
 154. Mukiyama, T. & Mwangi, R. Seasonal population changes and malaria transmission potential of Anopheles pharoensis and the minor anophelines in Mwea Irrigation Scheme, Kenya. *Acta Trop.* **46**, (1989).
 155. Carrara, G., Petrarca, V., Niang, M. & Coluzzi, M. Anopheles pharoensis and transmission of Plasmodium falciparum in the Senegal River delta, West Africa. *Med. Vet. Entomol.* **4**, (1990).
 156. Holstein, M. Note on malaria epidemiology in French West Africa. 1950 **WHO/MAL/50, Afr/Mal/Conf/6**, (1950).
 157. Holstein, M. Note sur l'épidémiologie du paludisme en Afrique-Occidentale Française. *Bull. World Health Organ.* **4**, (1951).

158. Hamon, J., Tauffleib, R. & Dyemkouma, A. Observations sur la variabilité d'anopheles rufipes, Gough 1910, avec description d'une nouvelle variété. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* **54**, (1961).
159. Rioux, J. A summarized list of Culicidae in North Tchad. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* **34**, (1959).
160. Da, D. *et al.* Anopheles rufipes remains a potential malaria vector after the first detection of infected specimens in 1960 in Burkina Faso. *Infect. Dis. Ther.* **1**, (2013).
161. Giles-Vernick, T. Entomology in translation: interpreting French medical entomological knowledge in colonial Mali. *Parassitologia* **50**, (2008).
162. Le Masle. *Conseils d'hygiène aux européens établis en Afrique Occidentale Française (Kayes, le 12 février 1904), Fonds anciens 1H126 (Santé, Mesures d'hygiène générale concernant la prophylaxie des maladies épidémiques attribuées aux piqûres de moustiques)*. (1904).
163. van Beusekom, M. *Negotiating Development: African Farmers and Colonial Experts at the Office du Niger, 1920 - 1960*. (Heinemann, 2002).
164. Colonie du Soudan Français, Service de Santé. *Rapport annuel par le Médecin-Colonel Vernier, Directeur local de la Santé publique*. (IMTSSA, 1949).
165. Colonie du Soudan Français, Service de Santé. *Rapport annuel par le Médecin-Colonel Vernier, Directeur local de la Santé publique*. (IMTSSA, 1950).
166. Colonie du Soudan Français, Service de Santé. *Travaux présentés par le Ministère de la Santé publique*. (IMTSSA, 1957).
167. President's Malaria Initiative. *Malaria Operational Plan (MOP): MALI FY 2009*. (USAID, 2009).
168. PMI | Africa IRS (AIRS) Project. *2014 MALI END OF SPRAY REPORT*. (AIRS Project, Abt Associates Inc., 2015).
169. President's Malaria Initiative. *Malaria Operational Plan (MOP): Mali FY 2008*. (USAID, 2008).
170. Programme National de Lutte contre le Paludisme, Institut National de la Statistique (INSTAT), Institut National de la Recherche en Santé Publique & ICF International. *Enquête sur les Indicateurs du Paludisme (EIPM) 2015*. (INSTAT, INFO-STAT, ICF International, 2016).
171. Rao, J. *Small Area Estimation*. (John Wiley & Sons, Inc., 2003).
172. Banerjee, S., Carlin, B. & Gelfand, A. *Hierarchical Modeling and Analysis for Spatial Data*. (Chapman & Hall, 2004).
173. Best, N., Richardson, S. & Thomson, A. A comparison of Bayesian spatial models for disease mapping. *Stat. Methods Med. Res.* **14**, (2005).
174. Griffin, J., Hollingsworth, D. & Okell, L. Plasmodium falciparum malaria transmission in Africa: a model based evaluation of intervention strategies. *PLoS Med.* **7**, (2010).
175. Smith, D., Noor, A. & Snow, R. Predicting changing malaria risk following expanded insecticide treated net coverage in Africa. *Trends Parasitol.* **25**, (2009).

Profil de l'épidémiologie et de la lutte contre le paludisme au Mali

KEMRI | Wellcome Trust



LONDON
SCHOOL of
HYGIENE
& TROPICAL
MEDICINE

