



Le dépistage du paludisme chez les étudiants étrangers pour un meilleur contrôle de la maladie en Tunisie

Screening of Malaria among foreign students for a better control of the disease in Tunisia

Emna Siala^{1,3}, Soumaya Benna¹, Nada Boulehmi¹, Aïda Bouratbine^{1,3}, Karim Aoun^{2,3}

¹ Laboratoire de Parasitologie-Mycologie, Institut Pasteur de Tunis, Tunisie.

² Laboratoire d'Epidémiologie et d'Ecologie Parasitaires, Institut Pasteur de Tunis, Tunisie.

³ Laboratoire de recherche LR 20-IPT-06 «Parasitologie médicale, Biotechnologies et Biomolécules», Institut Pasteur de Tunis, Tunisie. Université de Tunis El Manar.

Correspondance:

Emna Siala

Laboratoire de Parasitologie-Mycologie, Laboratoire de recherche LR 0-IPT-06 « Parasitologie médicale, Biotechnologies et Biomolécules », Institut Pasteur de Tunis, Tunisie.

Email: emnasiala99@gmail.com

RÉSUMÉ Le dépistage des cas importés de paludisme est un axe majeur du programme de maintien de l'élimination de la maladie en Tunisie. L'objectif de cette étude était d'établir la prévalence du paludisme chez les étudiants étrangers asymptomatiques et de discuter les modalités biologiques de leur surveillance.

Il s'agit d'une étude rétrospective concernant 2132 étudiants originaires de zones d'endémie palustre adressés pour dépistage du paludisme entre septembre 2021 et juin 2024. Chaque individu a eu un prélèvement sanguin sur lequel ont été réalisés un frottis sanguin, une goutte épaisse et un test de diagnostic rapide.

Cinquante-huit étudiants se sont révélés porteurs de *Plasmodium* (2,7%) à la microscopie. Les parasitemies étaient faibles inférieures à 500 parasites/ μ l dans 89,7% des cas. *Plasmodium falciparum* était l'espèce prédominante (98,3%). Les sujets parasités étaient principalement originaires de la République démocratique du Congo (36,2%), de Côte d'Ivoire (20,7%) et du Cameroun (12,1%). Les tests rapides avaient une sensibilité et une spécificité respectives de 79,31% [Intervalle de confiance (IC) : 68,89-89,73] et de 99,85% [IC : 99,69-100].

Ces résultats confirment l'importance de la surveillance des sujets à risque même ceux asymptomatiques. L'introduction de la PCR serait utile pour améliorer la détection des faibles parasitemies observées.

Mots-clés : Paludisme d'importation, examen microscopique, test de diagnostic rapide, dépistage, Tunisie

ABSTRACT Screening imported Malaria cases is crucial for maintaining Tunisia free of the disease. This study aimed to establish the prevalence of Malaria among asymptomatic students originated from endemic countries and to discuss the biological strategy of their surveillance.

This retrospective study included 2132 students referred for malaria screening between September 2021 and June 2024. Each individual had a blood sample which was used to prepare a blood smear, a thick drop and to perform a rapid malaria diagnostic test.

Fifty-eight students (2.7%) revealed carriers of *Plasmodium* by microscopy. Parasitemia was less than 500 parasites/ μ l in 89.7% of cases. *Plasmodium falciparum* was the predominant identified species (98.3%). The parasitized subjects were mainly from the Democratic Republic of Congo (36.2%), Ivory Coast (20.7%) and Cameroon (12.1%). The rapid tests had a sensitivity and specificity of 79.31% (Confidence Interval [CI]: 68.89-89.73) and 99.85% (CI: 99.69-100), respectively.

These results highlight the need for a rigorous surveillance of individuals at risk of Malaria including asymptomatic ones. The use of PCR should be considered to improve the detection of low parasite loads observed.

Key words: Imported malaria, microscopic examination, rapid diagnostic test, screening, Tunisia



INTRODUCTION

Le paludisme est une maladie infectieuse causée par un parasite du genre *Plasmodium* (P.), transmis à l'homme par la piqûre d'un moustique vecteur l'anophèle [1]. Le spectre clinique de cette infection s'étend de formes asymptomatiques à des accès graves potentiellement mortels [2]. Le paludisme demeure un problème majeur de morbidité et de mortalité et ce malgré les efforts déployés pour réduire son incidence. Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), environ 263 millions de cas et 597 000 décès ont été recensés dans le monde en 2023 [3]. En Tunisie, la transmission autochtone du paludisme a été interrompue en 1980 grâce au programme d'élimination entrepris avec l'aide de l'OMS [4]. Cependant, devant la persistance de l'anophélisme à travers le pays [5], les cas importés constituent une menace de réintroduction de la parasitose justifiant une surveillance rigoureuse [6]. Pour cela, un programme de dépistage a été instauré chez les sujets à risque de portage de *Plasmodium* [7]. La surveillance s'avère utile particulièrement chez les étudiants originaires d'Afrique subsaharienne (ASS) de loin la région la plus touchée par la maladie [3]. Il est à signaler que cette population est en augmentation régulière ces dernières années. Le dépistage systématique du paludisme repose sur l'examen microscopique du frottis sanguin (FS) et de la goutte épaisse (GE), qui sont exigeants en expertise et en temps de lecture assez long [8]. Depuis quelques années, les tests de diagnostic rapides (TDR) basés sur le principe de l'immunochromatographie sont de plus en plus utilisés [9]. Ils détectent les antigènes parasitaires spécifiques, principalement la protéine riche en histidine de *P. falciparum* (HRP-2) ainsi que la lactate déshydrogénase (pLDH) et l'aldolase produites par les 5 espèces plasmodiques pathogènes pour l'homme [10]. Les performances de ces tests sont variables selon les études et les contextes épidémiologiques [11].

L'objectif de cette étude était d'établir la prévalence du paludisme chez les étudiants asymptomatiques originaires des pays endémiques et de discuter les modalités de leur dépistage afin de mieux contrôler l'élimination de cette parasitose dans notre pays.

MATERIEL ET METHODES

Population étudiée

Il s'agissait d'une étude rétrospective colligeant des étudiants étrangers originaires des zones d'endémie palustre. Ces derniers étaient inscrits dans des universités de la région de Tunis et ont été adressés au laboratoire de Parasitologie de l'Institut Pasteur de Tunis de septembre 2021 à juin 2024 pour dépistage du paludisme. Pour chaque individu, une fiche de renseignements a été remplie précisant l'âge, le sexe, le pays d'origine, les antécédents de paludisme, une éventuelle symptomatologie clinique ou prise de

médicaments antipaludiques. Les étudiants ayant signalé des antécédents de paludisme, de la fièvre ou l'utilisation de médicaments antipaludiques dans le mois précédant le dépistage n'ont pas été inclus.

Méthodes

Tous les étudiants ont eu un prélèvement sanguin périphérique sur un tube d'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA). La recherche du *Plasmodium* a été effectuée par l'examen microscopique du FS et de la GE colorés avec une solution de Giemsa à 10% et par la réalisation d'un TDR du paludisme. Deux TDR détectant respectivement l'antigène HRP2 (histidine-richprotein 2) spécifique de *P. falciparum* (test ABON Plus®) et l'antigène Aldolase des différentes espèces plasmodiales (test I-Test®) ont été utilisés selon la disponibilité. La parasitémie a été calculée sur le FS, en supposant une moyenne de 5 000 000 globules rouges par µl de sang [12].

Considérations éthiques

Les étudiants ont été adressés par leurs universités dans le cadre du programme national de lutte contre le paludisme (PNLP, Ministère de la santé). L'anonymat a été respecté avec l'attribution d'un code à chaque individu avant la saisie des données. Chaque étudiant a reçu un résultat personnel des analyses réalisées. En cas de positivité, les sujets concernés ont été orientés vers des centres de soins spécialisés pour une prise en charge (PEC) gratuite.

Analyse statistique

Les données ont été analysées avec le logiciel EpiInfo version 6,04. La sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive et négative des TDR ont été calculées avec un intervalle de confiance (IC) à 95% en considérant la microscopie comme méthode de référence.

RÉSULTATS

Description de la population étudiée

Au total, 2123 étudiants ont été inclus dans l'étude. Tous étaient originaires d'ASS. La République démocratique du Congo (29,4%), la Côte d'Ivoire (21,3%), l'Union des Comores (13,1%) et le Cameroun (11,1%) ont été les pays les plus représentés (Figure 1).



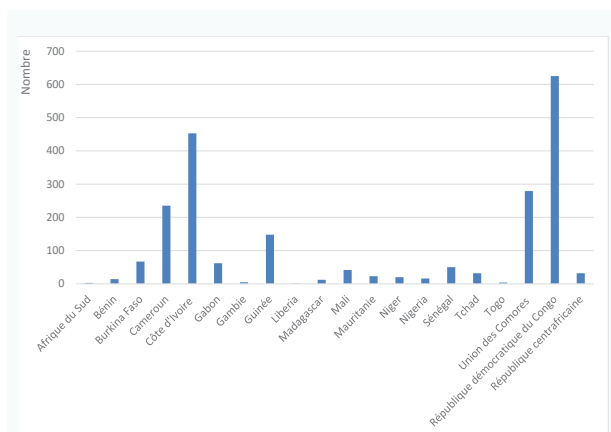


Figure 1. Répartition des étudiants selon le pays d'origine

Le sex-ratio était de 1,7 avec une prédominance masculine (63,4%). La moyenne d'âge était de $26,4 \pm 5,7$ ans.

Résultats parasitologiques

Résultats de la microscopie

Cinquante-huit parmi les étudiants dépistés étaient porteurs de *Plasmodium* soit une prévalence de 2,7%. Ils avaient un âge moyen de $25,9 \pm 7$ ans et un sex-ratio H/F de 1,3. Ils étaient principalement originaires de la République démocratique du Congo (36,2%), la Côte d'Ivoire (20,7%), le Cameroun (12,1%) et la Guinée (10,3%) (Tableau I). Les prévalences les plus élevées du portage asymptomatique de *Plasmodium* concernaient les étudiants originaires du Nigéria (7,7%), du Gabon (6,5%), de la Guinée (4,1%) et

Tableau I. Prévalence du paludisme chez les étudiants originaires des pays endémiques.

Pays	Nombre d'étudiants examinés	Nombre d'étudiants parasités	Prévalence*	%**
Nigeria	13	1	7.7%	1.7%
Gabon	62	4	6.5%	6.9%
Guinée	148	6	4.1%	10.3%
Sénégal	50	2	4.0%	3.4%
Cameroun	235	7	3.0%	12.1%
RD Congo	625	21	3.4%	36.2%
Côte d'Ivoire	453	12	2.6%	20.7%
Comores	279	4	1.4%	6.9%
Centre afrique	32	1	3.1%	1.7%
		58		100.0%

**Prévalence par rapport au nombre d'étudiants examinés

**Pourcentage par rapport au nombre d'étudiants parasités

P. falciparum était l'espèce plasmodiale prédominante rencontrée chez 98,3% des sujets parasités. Une seule infection mixte à *P. falciparum* et *P. ovale* a été détectée. L'espèce plasmodiale n'a pu être identifiée chez un individu à cause de la rareté des trophozoïtes observés uniquement sur la GE. Les parasitémies étaient inférieures à 0,01% (500 parasites/ μ l) dans 89,7% (52/58) des cas. Neuf individus (15,5%) étaient porteurs de gamétocytes.

Résultats des TDR

Les TDR ont détecté 46 positifs parmi les 58 cas révélés infectés en microscopie, soit une sensibilité de 79,31% [IC : 68,89-89,73]. Les 12 faux négatifs (FN) en TDR correspondaient tous à des infections par *P. falciparum* et avaient tous des parasitémies faibles (<500 Parasites/ μ l). La sensibilité des TDR était corrélée et augmentait avec la parasitémie. Ainsi, elle était de 76,92% [IC:65,47-88,37] pour des parasitémies ≤ 500 parasites/ μ l et atteignait 100% pour celles supérieures à ce seuil. Trois prélèvements sanguins positifs au TDR étaient négatifs en microscopie ce qui donne une spécificité des TDR de 99,85% [IC : 99,69-100]. Les valeurs prédictives positive et négative des TDR étaient respectivement de 93,88% [IC : 87,17-100] et de 99,42% [IC : 99,1-99,75]. La comparaison des

résultats des TDR à ceux de la microscopie est rapportée dans le tableau II.

Tableau II. Comparaison des TDR et de la microscopie dans le diagnostic du paludisme chez les étudiants originaires des pays endémiques

	Microscopie		
	+	-	Total
TDR			
+	46	3	49
-	12	2062	2074
Total	58	2065	2123

DISCUSSION

Cinquante-huit étudiants asymptomatiques originaires d'ASS parmi 2132 testés se sont révélés infectés par *Plasmodium*. La prévalence trouvée de 2,7% est proche de celle observée dans notre laboratoire lors d'une étude antérieure comparable réalisée en 2015 (3,5%) [13]. Elle est cependant supérieure à celle rapportée par Belgacem dans la région de Monastir (0,8%) [14]. Dans le monde, les prévalences du paludisme chez



des migrants asymptomatiques arrivant dans des pays non endémiques variaient de 3% à 31,8% selon le pays d'origine et les modalités de diagnostic utilisées[15]. Le portage asymptomatique de *Plasmodium* chez les immigrants de zones d'endémie serait lié à l'immunité partielle, appelée prémunition, entretenue chez ces individus par les infections répétées dont ils étaient victimes dans leurs pays d'origine [16]. Cette prémunition contrôle et limite la multiplication du parasite réduisant ainsi l'apparition des signes cliniques et leur gravité [17–19]. Chez les individus prémunis, *Plasmodium* peut persister longtemps jusqu'à 28 mois après le départ du pays d'origine d'où l'importance du dépistage régulier chez cette population [20,21].

Les étudiants parasités de notre série provenaient principalement de la République démocratique du Congo (36,2%) et de Côte d'Ivoire (20,7%). La prévalence du portage de *Plasmodium* était plus élevée chez ceux du Nigéria (7,7%), du Gabon (6,5%) et de Guinée (4,1%). Ces résultats concordant avec la répartition mondiale du paludisme incitent à la vigilance par rapport au parasitisme de la population étudiée de plus en plus nombreuse dans notre pays. En effet, son effectif est passé de 4644 en 2018-2019 à 6187 en 2022-2023.

Plasmodium falciparum était l'espèce plasmodiale majoritaire, retrouvée dans 98,3% des cas, concordant avec sa prédominance en ASS [22]. Parmi les étudiants infectés, neufs (15,5%) étaient porteurs de gamétocytes constituant ainsi une source potentielle d'infection pour les anophèles locaux. En conséquence, la surveillance épidémiologique, ainsi que celle entomologique, doivent être maintenues et renforcées en Tunisie. Il est à rappeler que plusieurs situations de reprise de la transmission autochtone du paludisme ont été signalées dans des pays ayant éliminé la maladie [23–25]. Le risque de résurgence du paludisme ne peut donc être exclu dans notre pays vu la persistance des anophèles vecteurs et la disponibilité d'un réservoir potentiel de parasites [26]. Le réchauffement climatique observé ne peut qu'exacerber ce risque d'une part en allongeant la période d'activité des vecteurs et d'autre part en créant des conditions favorables à l'introduction d'anophèles tropicaux plus compétents pour la transmission du parasite[27].

Les TDR utilisés pour le diagnostic du paludisme chez les étudiants asymptomatiques ont montré une sensibilité nettement inférieure (79,31%) à celle de la microscopie. Cette sensibilité était cependant supérieure à celle du test OptiMAL-IT® (DiaMed, Suisse) (68,8%) rapportée dans l'étude de Siala et al. réalisée en 2013 auprès de 308 étudiants asymptomatiques [28]. Dans le monde, peu de travaux ont évalué les performances des TDR par rapport à la microscopie chez les sujets asymptomatiques. Au Cameroun, le test Hexagon Malaria Combi® détectant l'antigène pLDH, a montré une sensibilité de 85,33% et une spécificité de 95,05% [29]. Dans l'étude de Tiono et al., la sensibilité du test First Response® Malaria Ag détectant l'HRP2 utilisé à 3 reprises a varié de 77,8% à 92,4% [30].

Les 12 FN du TDR de notre série correspondaient tous

à des infections avec de faibles parasitemies, inférieures à 500 parasites/ μ l (0,01%), qui induisent des taux d'antigènes en dessous du seuil de détection du test [10]. En effet, la sensibilité de ces tests est de l'ordre de 100 à 200 parasites/ μ l alors que celle de la GE est de l'ordre de 20 à 50 parasites/ μ l de sang [10,31]. La sensibilité des TDR était d'ailleurs meilleure de 100% lorsque les parasitemies dépassent les 500 parasites/ μ l. Par conséquent, l'examen microscopique demeure indispensable en cas de négativité des TDR. Il est par ailleurs à signaler que d'autres facteurs peuvent engendrer des FN des TDR comme la mutation/délétion du gène codant l'antigène HRP2 et la présence de complexes immuns circulants ou d'anticorps bloquants [32]. Les TDR peuvent également être pris à défaut en présence de stade sexué de *P. falciparum* à cause d'une faible ou absence de sécrétion d'Ag pLDH par les gamétocytes âgés [10].

Trois TDR étaient faussement positifs. Ceci pourrait s'expliquer par les réactions croisées avec des facteurs rhumatoïdes ou des anticorps faisant suite à d'autres infections bactériennes, parasitaires ou virales [33]. Les faux positifs peuvent être également dus à la persistance d'antigènes plasmodiaux après traitement [34]. En effet, de tels antigènes ont été détectés plusieurs jours voir jusqu'à 4 semaines après un traitement antipaludique efficace avec élimination de parasites viables dans le sang [35]. Pour cela, un interrogatoire rigoureux doit être toujours mené afin d'assurer une interprétation fiable des TDR.

La détection et le traitement des infections palustres asymptomatiques représentent un défi fondamental pour notre stratégie de contrôle et d'élimination de la maladie. En effet, comme l'ont montré nos résultats, ces cas sont nombreux avec une proportion non négligeable porteuse de gamétocytes potentiellement infectants pour nos anophèles. Ces infections sont caractérisées par des parasitemies très faibles pouvant échapper à l'examen microscopique et aux TDR [36]. Il est fort utile dans ces situations d'utiliser les techniques moléculaires nettement plus sensibles dont les seuils de détection sont estimés jusqu'à moins d'un parasite/ μ l [37]. D'ailleurs, deux études tunisiennes ont rapporté la supériorité de la PCR nichée comparativement à la microscopie dans la détection des plasmodiums chez les étudiants migrants, avec 5% de positivité versus 3,5% dans celle de Siala et al. et 10,2% versus 0,8% dans celle de Belgacem et al [13,14]. De même, Mendez a chiffré l'apport de la PCR chez les migrants d'ASS dans une méta-analyse en montrant une prévalence de 8% contre seulement 3% en microscopie [38]. Les techniques moléculaires sont également contributives dans la différenciation des espèces et le diagnostic des coinfections plasmodiales [37]. Actuellement, la PCR en temps réel, très sensible et adaptée à un grand nombre de prélèvements, serait la technique de choix pour détecter les faibles parasitemies observées chez les porteurs asymptomatiques[39]. Néanmoins, son coût élevé et la nécessité d'une plateforme technologique spécialisée demeurent des contraintes à son application en pratique courante dans



les pays à moindre ressources.

CONCLUSION

En Tunisie, le dépistage du paludisme chez les personnes à risque, ressortissants et voyageurs dans les pays d'endémie, est fondamental pour détecter les sujets parasités, les traiter rapidement et éviter ainsi une circulation potentielle du parasite. La prévalence relativement élevée du portage de *Plasmodium* chez les étudiants asymptomatiques d'ASS incite à renforcer cette surveillance et à l'améliorer par la généralisation des techniques moléculaires plus sensibles dans ces situations caractérisées par de très faibles parasitémies.

REFERENCES

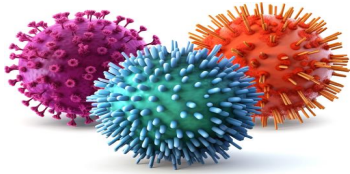
1. Fikadu M, Ashenafi E. Malaria: An Overview. *Infect Drug Resist* 2023;16:3339–47. <https://doi.org/10.2147/IDR.S405668>.
2. White NJ. Severe malaria. *Malar J* 2022;21:284. <https://doi.org/10.1186/s12936-022-04301-8>.
3. World malaria report 2024 n.d. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240104440> (accessed May 27, 2025).
4. Chadli A, Kennou MF, Kooli J. [Malaria in Tunisia: history and present status]. *Bulletin de La Societe de Pathologie Exotique et de Ses Filiales* 1985.
5. Tabbabi A, Boussès P, Rhim A, Brengues C, Daaboub J, Ben-Alaya-Bouaffif N, et al. Larval Habitats Characterization and Species Composition of Anopheles Mosquitoes in Tunisia, with Particular Attention to *Anopheles maculipennis* Complex. *Am J Trop Med Hyg* 2015;92:653–9. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.14-0513>.
6. Aoun K, Siala E, Tchibkere D, Ben Abdallah R, Zallagua N, Chahed MK, et al. [Imported malaria in Tunisia: consequences on the risk of resurgence of the disease]. *Med Trop (Mars)* 2010;70:33–7.
7. Organisation mondiale de la Santé. Élimination du paludisme et prévention de sa réapparition en Tunisie : une réussite exemplaire. Genève: Organisation mondiale de la Santé; 2015.
8. Siahaan L. Laboratory diagnostics of malaria. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci* 2018;125:012090. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/125/1/012090>.
9. Goodman C, Tougher S, Shang TJ, Visser T. Improving malaria case management with artemisinin-based combination therapies and malaria rapid diagnostic tests in private medicine retail outlets in sub-Saharan Africa: A systematic review. *PLoS One* 2024;19:e0286718. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286718>.
10. Kavanaugh MJ, Azzam SE, Rockabrand DM. Malaria Rapid Diagnostic Tests: Literary Review and Recommendation for a Quality Assurance, Quality Control Algorithm. *Diagnostics* 2021;11:768. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11050768>.
11. Calderaro A, Piccolo G, Chezzi C. The Laboratory Diagnosis of Malaria: A Focus on the Diagnostic Assays in Non-Endemic Areas. *International Journal of Molecular Sciences* 2024;25:695. <https://doi.org/10.3390/ijms25020695>.
12. Organization WH. Malaria parasite counting 2016.
13. Siala E, Essid R, Smiri M, Doggui A, Ben Sghaier I, Aoun K, et al. Contribution of Polymerase Chain Reaction for detection of malaria in Tunisia. *Tunis Med* 2015;93:766–70.
14. Belgacem S, Bettaieb M, Houas N, Chouchène S, Mastouri M, Babba H. Dépistage du paludisme: Quel est l'apport de la biologie moléculaire ? *Tunis Med* 2024;102:491–5.
15. Wängdahl A, Bogale RT, Eliasson I, Broumou I, Farooq F, Lind F, et al. Malaria parasite prevalence in Sub-Saharan African migrants screened in Sweden: a cross-sectional study. *Lancet Reg Health Eur* 2023;27:100581. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2022.100581>.
16. Galatas B, Bassat Q, Mayor A. Malaria Parasites in the Asymptomatic: Looking for the Hay in the Haystack. *Trends Parasitol* 2016;32:296–308. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2015.11.015>.
17. Chen I, Clarke SE, Gosling R, Hamainza B, Killeen G, Magill A, et al. "Asymptomatic" Malaria: A Chronic and Debilitating Infection That Should Be Treated. *PLoS Med* 2016;13:e1001942. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001942>.
18. Barnett ED, Wheelock AB, MacLeod WB, McCarthy AE, Walker PF, Coyle CM, et al. Infections with long latency in international refugees, immigrants, and migrants seen at GeoSentinel sites, 2016–2018. *Travel Medicine and Infectious Disease* 2023;56:102653. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2023.102653>.
19. Ju T, Vander Does A, Ingrassi G, Norton S a., Yosipovitch G. Tropical parasitic itch in returned travellers and immigrants from endemic areas. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* 2022;36:2279–90. <https://doi.org/10.1111/jdv.18408>.
20. Monge-Maillo B, Norman F, Pérez-Molina JA, Díaz-Menéndez M, Rubio JM, López-Vélez R. *Plasmodium falciparum* in Asymptomatic Immigrants from Sub-Saharan Africa, Spain. *Emerg Infect Dis* 2012;18:356–7. <https://doi.org/10.3201/eid1802.111283>.
21. Schindler T, Jongo S, Studer F, Mpina M, Mwangoka G, Mswata S, et al. Two cases of long-lasting, sub-microscopic *Plasmodium malariae* infections in adults from coastal Tanzania. *Malar J* 2019;18:149. <https://doi.org/10.1186/s12936-019-2787-x>.
22. Daily JP, Parikh S. Malaria. *New England Journal of Medicine* 2025;392:1320–33. <https://doi.org/10.1056/NEJMr2405313>.
23. Velasco E, Gomez-Barroso D, Varela C, Diaz O, Cano R. Non-imported malaria in non-endemic countries: a review of cases in Spain. *Malar J* 2017;16:260. <https://doi.org/10.1186/s12936-017-1915-8>.
24. Olaso A, Ramos JM, López-Ballero MF, Olaso I. Malaria in Europe: Follow-up of autochthonous malaria in Greece and new risks. *Enferm Infecc Microbiol Clin* 2017;35:543–4. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2016.11.003>.
25. Delamare H, Tarantola A, Thellier M, Calba C, Gaget O, Consigny P-H, et al. Locally acquired malaria: a retrospective analysis of long-term surveillance data, European France, 1995 to 2022. *Euro Surveill* 2024;29:2400133. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2024.29.41.2400133>.
26. Tabbabi A, Alkishe AA, Samy AM, Rhim A, Peterson AT. Malaria in North Africa: A Review of the Status of Vectors and Parasites 2020. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-55.1.25>.
27. Anikeeva O, Hansen A, Varghese B, Borg M, Zhang Y, Xiang J, et al. The impact of increasing temperatures due to climate change on infectious diseases. *BMJ* 2024;387:e079343. <https://doi.org/10.1136/bmj-2024-079343>.
28. Siala E, Foudhaili H, Doggi A, Gamara D, Ben Alaya N, Ben Abdallah R, et al. Évaluation et apport du test OptiMAL-IT® dans le diagnostic du paludisme d'importation en Tunisie. *Bull Soc Pathol Exot* 2013;106:233–8. <https://doi.org/10.1007/s13149-013-0311-z>.
29. Wanji S, Kimbi HK, Eyong JE, Tendongfor N, Ndamukong JL. Performance and usefulness of the Hexagon rapid diagnostic test in children with asymptomatic malaria living in the Mount Cameroon region. *Malar J* 2008;7:89. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-7-89>.
30. Tiono AB, Ouédraogo A, Diarra A, Coulibaly S, Soulama I, Konaté AT, et al. Lessons learned from the use of HRP-2 based rapid diagnostic test in community-wide screening and treatment of asymptomatic carriers of *Plasmodium falciparum* in Burkina Faso. *Malar J* 2014;13:30. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-13-30>.
31. Bousema T, Okell L, Felger I, Drakeley C. Asymptomatic malaria infections: detectability, transmissibility and public health relevance. *Nat Rev Microbiol* 2014;12:833–40. <https://doi.org/10.1038/nrmicro3364>.
32. Apinjoh TO, Tangi LN, Oriero EC, Drammeh S, Ntui-Njock VN, Etoketim B, et al. Histidine-rich protein (hrp) 2-based RDT false-negatives and *Plasmodium falciparum* hrp 2 and 3 gene deletions in low, seasonal and intense perennial transmission zones in Cameroon: a cross-sectional study. *BMC Infect Dis* 2024;24:1080.



<https://doi.org/10.1186/s12879-024-09935-4>.

33. Aninagyei E, Deku JG, Yemofio KT, Quainoo E, Ntiri KA, Yaro E, et al. Comparative evaluation of the diagnostic accuracies of four different malaria rapid diagnostic test kits available in Ghana. *PLoS One* 2024;19:e0302840. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302840>.
34. Dalrymple U, Arambepola R, Gething PW, Cameron E. How long do rapid diagnostic tests remain positive after anti-malarial treatment? *Malar J* 2018;17:228. <https://doi.org/10.1186/s12936-018-2371-9>.
35. Prah JK, Amoah S, Yartey AN, Ampofo-Asiama A, Ameyaw EO. Assessment of malaria diagnostic methods and treatments at a Ghanaian health facility. *Pan Afr Med J* 2021;39:251. <https://doi.org/10.11604/pamj.2021.39.251.28996>.
36. Pérez-Ugarte A, Oliveira-Souto I, Nadal-Baron P, Zarzuela F, Serre-Delcor N, Treviño B, et al. High malaria PCR positivity in asymptomatic migrants from sub-Saharan Africa. *Journal of Travel Medicine* 2024;31:taae087. <https://doi.org/10.1093/jtm/taae087>.
37. Fitri LE, Widaningrum T, Endharti AT, Prabowo MH, Winaris N, Nugraha RYB. Malaria diagnostic update: From conventional to advanced method. *J Clin Lab Anal* 2022;36:e24314. <https://doi.org/10.1002/jcla.24314>.
38. Requena-Méndez A, Cattaneo P, Bogale RT, Marti-Soler H, Wångdahl A, Buonfrate D, et al. Malaria parasite prevalence among migrants: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Microbiology and Infection* 2023;29:1528–37. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2023.09.010>.
39. Haanshuus CG, Mørch K, Blomberg B, Strøm GEA, Langeland N, Hanevik K, et al. Assessment of malaria real-time PCR methods and application with focus on low-level parasitaemia. *PLoS One* 2019;14:e0218982. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218982>.





Point-of-Care RT-PCR Solutions

Fully Automated Detection System

**4
Z
01
PCR**



**1 Sample upto
20 Targets**



**50+ Detection
Assays available**

Five channel fluorescence
based detection system

Automated Analysis
& Reporting

Ready-to-use cartridge
based assays



SAMPLE IN



RESULT OUT



Special Modules

