

SANTÉ PUBLIQUE/PUBLIC HEALTH

Les maladies transmises par les moustiques en République de Djibouti :
une revue de la littératureMosquito-borne diseases in the Republic of Djibouti:
a review of the literature

Abdoulgabar ABDOURAHMAN OMAR*, Oumnia HIMMI

RÉSUMÉ Introduction – Justification. Cet article s'inscrit dans le cadre d'un projet doctoral visant à décrire l'écologie des moustiques présents sur le territoire de Djibouti et leur interaction avec les dynamiques épidémiologiques. S'appuyant sur une revue systématique de la littérature scientifique disponible, cette étude retrace l'évolution historique des pathologies transmises par les moustiques sur le territoire djiboutien.

Matériel et méthodes. Cette étude a été conduite selon les normes PRISMA. Une recherche bibliographique exhaustive a été menée sur les maladies vectorielles transmises par les moustiques (arboviroses, parasitoses) dans le contexte géographique de l'actuelle République de Djibouti. PubMed, ScienceDirect, Springer Nature et Google Scholar ont été interrogées, afin de couvrir les publications indexées et la littérature grise. La syntaxe de requête combinait des opérateurs booléens (AND/OR) et des termes MeSH/Entrée pertinente, structurés en deux axes: « Territoire français des Afars et des Issas » et « Djibouti » avec « Dengue Djibouti », « Malaria Djibouti », etc.

Résultats. À Djibouti, le risque d'infection par les arbovirus est principalement associé à des facteurs de risque environnementaux et comportementaux, avec un niveau plus élevé dans le centre-ville que sur le reste du territoire. La littérature scientifique recense au moins six maladies vectorielles transmises par les piqûres de moustiques femelles dont quatre font l'objet de cas documentés: le paludisme, le chikungunya, la dengue et la fièvre du Nil occidental. La fièvre de la vallée du Rift et le virus Zika sont également mentionnés, bien qu'aucun cas de ce dernier n'ait été officiellement signalé dans le pays à ce jour.

Discussion – Conclusion. Les maladies transmises par les moustiques sont dominées par le paludisme et la dengue. Cela explique l'abondance des données sur ces deux maladies et leurs vecteurs. Des études sur la caractérisation des pathogènes et d'autres maladies transmises par les moustiques à Djibouti ainsi que sur la notification des signes cliniques sont fortement recommandées pour mieux comprendre les défis sanitaires.

Mots clés: Maladies à transmission vectorielle, Paludisme, Filariose, Arboviroses, Revue de la littérature, Moustiques, République de Djibouti

ABSTRACT Introduction - Justification. This article is part of a doctoral project that aims to describe the ecology of the mosquitoes present in Djibouti and how they interact with epidemiological dynamics. This study traces the historical evolution of mosquito-borne diseases in Djibouti based on a systematic review of the available scientific literature.

Materials and Methods The study was conducted in accordance with PRISMA standards. An exhaustive bibliographic search was conducted on vector-borne diseases (arboviruses and parasitic diseases) transmitted by mosquitoes in the geographical context of the Republic of Djibouti. PubMed, ScienceDirect, Springer Nature, and Google Scholar were searched to cover both indexed publications and gray literature. The query syntax combined Boolean operators (AND/OR) and MeSH/relevant entry terms structured around two axes: "French Territory of the Afars and the Issas" and "Djibouti," as well as "Dengue Djibouti," "Malaria Djibouti," etc.

Results. In Djibouti, the risk of arbovirus infection is primarily linked to environmental and behavioral risk factors, with a higher risk in urban areas than in rural regions. The scientific literature lists at least six vector-borne diseases transmitted by female mosquito bites. Four of these diseases have been documented in Djibouti: malaria, chikungunya, dengue, and West Nile fever. Rift Valley fever and Zika virus are also mentioned, though there have been no official reports of Zika virus cases in the country to date.

Discussion - Conclusion. Mosquito-borne diseases are dominated by malaria and dengue fever. This explains the abundance of data on these two diseases and their vectors. To better understand the health challenges, studies on the characterization of pathogens and other mosquito-borne diseases in Djibouti, as well as on the reporting of clinical signs, are strongly recommended.

Key Words: Vector-borne diseases, Malaria, Filariasis, Arboviruses, Literature review, Mosquitoes, Republic of Djibouti

Introduction

Les moustiques sont connus pour leur capacité à inoculer des agents pathogènes, essentiellement des parasites et des virus. Ils sont à l'origine de maladies transmises aux humains et aux animaux [23]. Une revue récente de la littérature [2] mentionne 37 espèces de moustiques présentes à Djibouti, dont 8 sont des vecteurs potentiels de maladies telles que le paludisme, la filariose lymphatique, la dengue, la fièvre jaune, le virus du Nil occidental et le chikungunya. Il faut noter l'introduction d'*Anopheles stephensi* en 2012 en lien avec l'augmentation des cas de paludisme dans le pays [25].

La République de Djibouti est une ancienne colonie française située dans la corne de l'Afrique. Le pays est bordé par l'Érythrée au nord, l'Éthiopie à l'ouest, la Somalie au sud et la mer Rouge à l'est (Fig. 1).

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche doctoral sur l'écologie des moustiques à Djibouti et fait suite à la publication d'une revue de la littérature consacrée aux Culicidae dans ce pays [2]. Son objectif est de proposer une synthèse claire et exhaustive des maladies transmises par les moustiques et les agents pathogènes associés, en s'appuyant sur les références disponibles.

Introduction

Mosquitoes are known for their ability to transmit pathogens, primarily parasites and viruses. They are responsible for transmitting diseases to humans and animals [23]. A recent literature review [2] mentions 37 species of mosquitoes in Djibouti, eight of which are potential disease vectors, including malaria, lymphatic filariasis, dengue fever, yellow fever, West Nile virus, and chikungunya. Notably, *Anopheles stephensi* was introduced in 2012, coinciding with an increase in malaria cases in the country [25].

The Republic of Djibouti is a former French colony located in the Horn of Africa. It is bordered by Eritrea to the north, Ethiopia to the west, Somalia to the south, and the Red Sea to the east (Fig. 1). This work is part of a doctoral research project on mosquito ecology in Djibouti and follows the publication of a literature review on Culicidae in the country [2]. The objective of this study is to provide a clear and comprehensive summary of mosquito-borne diseases and associated pathogens based on reference articles.

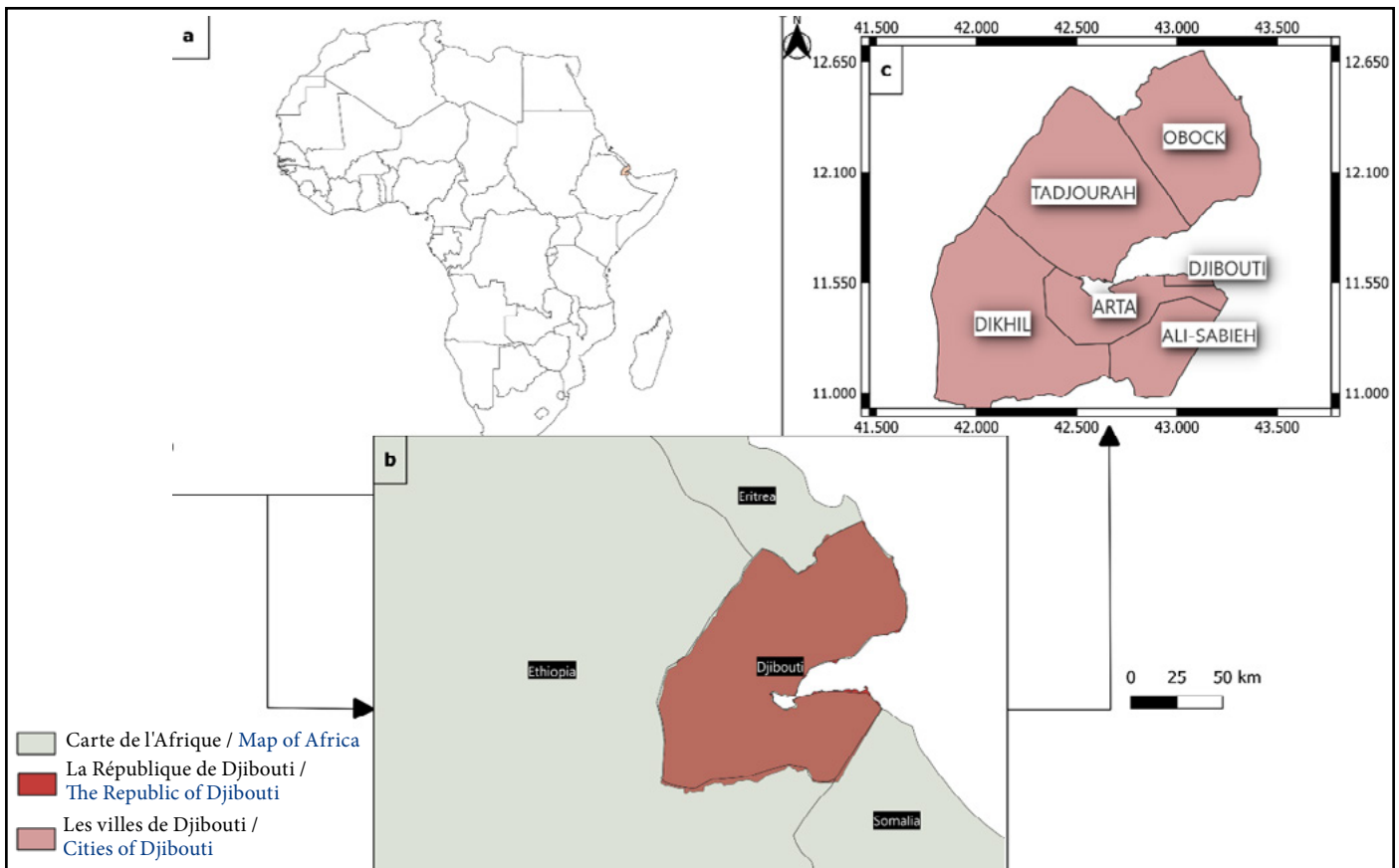


Figure 1 : Carte de la République de Djibouti : (a) situation en Afrique, (b) pays frontaliers et (c) régions

Figure 1: Map of the Republic of Djibouti: (a) location in Africa, (b) neighboring countries and (c) regions

Matériel et méthodes

Conformément aux lignes directrices PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), une revue de la littérature publiée sur les maladies transmises par les moustiques à Djibouti a été réalisée. Les bases de données interrogées sont PubMed, Science Direct, Google Scholar et Springer Nature. Afin de maximiser l'exhaustivité de la recherche et de limiter les biais de sélection, les mots-clés ont été utilisés en anglais et en français, couvrant les principales maladies vectorielles concernées. Les termes de recherche employés étaient les suivants :

- « *Moustiques de Djibouti* » / « *Djibouti mosquitoes* » ;
- « *Maladies vectorielles à Djibouti* » / « *Vector-borne diseases in Djibouti* » ;
- « *Dengue Djibouti* » ;
- « *Fièvre jaune Djibouti* » / « *Yellow Fever Djibouti* » ;
- « *Fièvre de la vallée du Rift Djibouti* » / « *Rift Valley Fever Djibouti* » ;
- « *Filariose lymphatique Djibouti* » / « *Lymphatic filariasis Djibouti* » ;
- « *Virus du Nil occidental Djibouti* » / « *West Nile virus Djibouti* » ;
- « *Paludisme Djibouti* » / « *Malaria Djibouti* » ;
- « *Zika Djibouti* » ;
- « *Encéphalite japonaise Djibouti* » / « *Japanese encephalitis Djibouti* » .

Les études incluses dans cette revue sont toutes des études de recherche originales. Elles décrivent les résultats sur les maladies transmises par les moustiques dans la République de Djibouti notamment sur la diversité moléculaire et génétique, les facteurs de risque humains et animaux associés aux conditions écologiques et climatiques, ainsi que la modélisation spatio-temporelle et prédictive du risque.

Nous avons exclu les articles mentionnant les maladies transmises par les moustiques mais portant davantage sur des études purement disciplinaires, en lien avec la microbiologie, l'entomologie et l'hématologie, voire des articles de revue comme l'illustre la Figure 2.

Materials and methods

In accordance with the PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) guidelines, a review of the published literature on mosquito-borne diseases in Djibouti was conducted. The databases consulted were PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, and Springer Nature. To maximize comprehensiveness and limit selection bias, keywords in English and French covering the main vector-borne diseases of concern were used. The search terms used were as follows:

- “*Moustiques de Djibouti*” / “*Djibouti mosquitoes*”;
- “*Maladies vectorielles à Djibouti*” / “*Vector-borne diseases in Djibouti*”;
- “*Dengue Djibouti*”;
- “*Fièvre jaune Djibouti*” / “*Yellow Fever Djibouti*”;
- “*Fièvre de la vallée du Rift Djibouti*” / “*Rift Valley Fever Djibouti*”;
- “*Filariose lymphatique Djibouti*” / “*Lymphatic filariasis Djibouti*”;
- “*Virus du Nil occidental Djibouti*” / “*West Nile virus Djibouti*”;
- “*Paludisme Djibouti*” / “*Malaria Djibouti*”;
- “*Zika Djibouti*”;
- “*Encéphalite japonaise Djibouti*” / “*Japanese encephalitis Djibouti*”

The studies included in this review are original research studies. They describe results related to mosquito-borne diseases in the Republic of Djibouti, focusing on molecular and genetic diversity, as well as human and animal risk factors associated with ecological and climatic conditions. The studies also describe spatio-temporal and predictive risk modeling.

We excluded articles that mentioned mosquito-borne diseases but focused more on purely disciplinary studies related to microbiology, entomology, and hematology, as well as review articles, as illustrated in Figure 2.

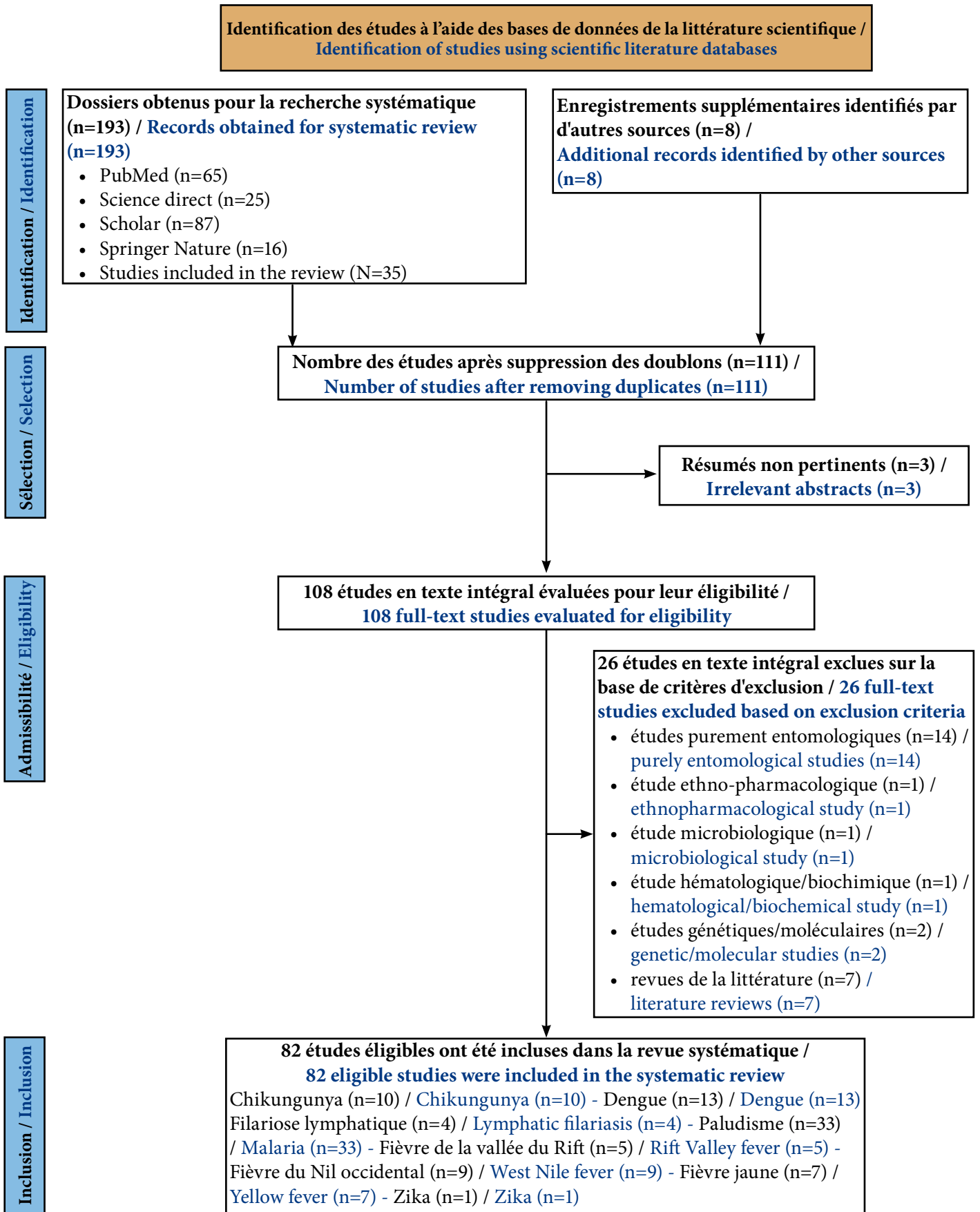


Figure 2 : Organigramme de la sélection d'articles pour une revue systématique des maladies transmises par les moustiques à Djibouti

Figure 2: Organizational chart for the selection of articles for a systematic review of mosquito-borne diseases in Djibouti

Résultats

Au total, 193 articles ont été identifiés dans le cadre de cette revue systématique de la littérature portant sur les maladies transmises par les moustiques en République de Djibouti. Après élimination des doublons et des articles non pertinents, 82 références ont été retenues pour analyse (Fig. 2).

Le présent article propose une synthèse des principales pathologies arbovirales et parasitaires d'importance épidémiologique majeure sur le territoire djiboutien.

Le paludisme

Djibouti présente une transmission palustre instable [1,64]. Après des premiers cas signalés en 1901 [10,11,57], l'endémie s'est installée en 1991 avec des pics à 7 000 cas/an [54,78]. Deux épidémies urbaines (2013-2014) ont conduit à 70 000 cas en 2020, liées à *Anopheles stephensi* [25,85,92]. L'analyse des cas confirmés révèle une prédominance nette de *Plasmodium falciparum*, responsable d'environ 90 % des infections [39]. Les données récentes (2018-2021) confirment cette tendance avec 83 % des cas attribués à cette espèce [59]. *Plasmodium vivax* représente quant à lui 5 à 10 % des cas globaux [39], avec une proportion de 11 % durant la période 2018-2021 [59]. *Plasmodium ovale* reste marginal, ne concernant que 3 % des infections [72]. La transmission persiste toute l'année mais présente une saisonnalité marquée, avec une intensification entre novembre et mai [88]. Les études génétiques montrent une évolution de la diversité parasitaire, élevée avant 1999 [79], puis réduite par la suite [7], reflétant probablement des modifications dans les dynamiques de transmission et l'influence des importations du parasite depuis l'Éthiopie voisine [28,38].

L'arrivée d'*Anopheles stephensi* en 2012 a profondément modifié l'épidémiologie du paludisme à Djibouti [25,85]. Ce vecteur présente plusieurs particularités inquiétantes : une résistance aux quatre principales classes d'insecticides [85], une excellente adaptation aux environnements urbains et un comportement endophile marqué. *Anopheles gambiae* et *Anopheles arabiensis*, vecteurs traditionnels, jouent désormais un rôle secondaire [92]. La lutte contre ces vecteurs est rendue plus difficile par la faible couverture en moustiquaires imprégnées, qui ne concernent que 10 % des ménages [59], bien en dessous des objectifs fixés par les programmes de contrôle. Le diagnostic du paludisme à Djibouti repose principalement sur les tests rapides (TDR) détectant

Results

A total of 193 articles were identified in this systematic review of the literature on mosquito-borne diseases in the Republic of Djibouti. After eliminating duplicates and irrelevant articles, 82 references were selected for analysis (Fig. 2).

This article summarizes the main arboviral and parasitic diseases of major epidemiological importance in Djibouti.

Malaria

Djibouti has unstable malaria transmission [1,64]. After the first cases were reported in 1901, the disease became endemic in 1991 [10,11,57], reaching epidemic peaks of 7,000 cases per year [54,78]. Two urban epidemics in 2013–2014 led to 70,000 cases in 2020 and were linked to *Anopheles stephensi* [25,85,92]. Analysis of confirmed cases reveals a clear predominance of *Plasmodium falciparum*, which is responsible for approximately 90% of infections [39]. Recent data (2018–2021) confirm this trend, attributing 83% of cases to this species [59]. *Plasmodium vivax* accounts for 5-10% of overall cases [39], with 11% during the 2018-2021 period [59]. *Plasmodium ovale* remains marginal, accounting for only 3% of infections [72]. Transmission persists throughout the year, but it is highly seasonal with an increase between November and May [88]. Genetic studies show a change in parasite diversity. It was high before 1999 [79], and then declined thereafter [7], probably reflecting changes in transmission dynamics and the influence of parasite imports from neighboring Ethiopia [28,38].

The arrival of *Anopheles stephensi* in 2012 profoundly altered the malaria epidemiology in Djibouti [25,85]. This vector exhibits several concerning characteristics, including resistance to the four main classes of insecticides [85], excellent adaptation to urban environments, and pronounced endophilic behavior. The traditional vectors, *Anopheles gambiae* and *Anopheles arabiensis*, now play a secondary role [92]. Efforts to combat these vectors are hindered by the low usage of impregnated mosquito nets, which are employed in only 10% of households, far below the targets established by control programs [59]. In Djibouti, malaria diagnosis relies mainly on rapid diagnostic tests (RDTs) that detect histidine-rich protein 2 (HRP2), which is specific to *P. falciparum*. However, studies have shown that

la protéine riche en histidine 2 (HRP2) spécifique à *P. falciparum*. Cependant, des études ont révélé que 0,6 % de ces tests donnent des résultats faussement négatifs en raison de délétions dans les gènes *pfhrp2/pfhrp3* [33,66]. La microscopie par examen de goutte épaisse reste la méthode de référence [69], tandis que la PCR est utilisée pour les confirmations complexes. Face à ces limitations, l'OMS recommande désormais l'utilisation de TDR combinant la détection de HRP2 et de lactate déshydrogénase dans les zones à risque de faux négatifs [33], une approche particulièrement pertinente dans le contexte djiboutien.

Le spectre clinique du paludisme à Djibouti varie selon l'espèce plasmodiale en cause. *P. falciparum* est responsable des formes les plus sévères, incluant neuropaludisme, anémie sévère post-traitement [9] et splénomégalie [15]. *P. vivax* et *P. ovale* provoquent principalement des accès fébriles et des récurrences, mais peuvent aussi entraîner des complications atypiques comme des péricardites [19]. Des perturbations hémato-logiques, notamment des thrombocytoses, ont été régulièrement observées [55]. Les populations les plus vulnérables incluent les jeunes enfants (avec une prévalence rurale de 0 % chez les 0,5-4 ans) [61] et les militaires en poste dans le pays [72], deux groupes nécessitant une attention particulière dans les stratégies de prévention et de prise en charge.

La prise en charge thérapeutique diffère selon l'espèce plasmodiale. Pour *P. falciparum*, les combinaisons thérapeutiques à base d'artémisinine (ACT) constituent le traitement de référence, bien que des échecs aient été documentés avec la dihydroartémisinine-pipéraquline [72,80]. La tafénoquine a démontré une efficacité intéressante dans ce contexte [73]. Le traitement de *P. vivax* associe classiquement chloroquine et primaquine. Cependant, la résistance à la chloroquine, observée de manière significative depuis les épidémies de 1988-1989 [30,69], reste une préoccupation majeure pour les cliniciens. Ces résistances multiples compromettent sérieusement les objectifs nationaux ambitieux visant l'élimination du paludisme d'ici 2030 [90].

Malgré les efforts, une recrudescence de *P. falciparum* et *P. vivax* est anticipée [83,84,86]. Les défis majeurs incluent la résistance vectorielle, les limites diagnostiques et les importations transfrontalières. Le renforcement de la surveillance et l'innovation thérapeutique sont essentiels pour atteindre les objectifs d'élimination [90].

0.6% of these tests yield false-negative results due to deletions in the *pfhrp2/pfhrp3* genes [33,66]. Thick smear microscopy remains the gold standard [69], while PCR is used for complex confirmations. Due to these limitations, the WHO now recommends using RDTs that combine HRP2 and lactate dehydrogenase detection in areas at risk of false negatives [33], an approach that is particularly relevant in the context of Djibouti. The clinical spectrum of malaria in Djibouti varies depending on the species of *Plasmodium* involved. *P. falciparum* causes the most severe forms, including neuropaludism, severe post-treatment anemia [9] and splenomegaly [15]. *P. vivax* and *P. ovale* primarily cause fever and recurrence, though they can also lead to atypical complications, such as pericarditis [19]. Hematological disorders, particularly thrombocytosis, are regularly observed [55]. The most vulnerable populations include young children, with a rural prevalence of 0% among 0.5–4-year-olds [61] and military personnel stationed in the country [72], two groups requiring special attention in prevention and management strategies.

Therapeutic management differs depending on the *Plasmodium* species. For *P. falciparum*, artemisinin-based combination therapies (ACTs) are the standard treatment, though dihydroartemisinin-piperaquine has been associated with treatment failure [72,80]. Tafenoquine has shown promising efficacy in this context [73]. Treatment for *P. vivax* typically combines chloroquine and primaquine. However, chloroquine resistance, which has been observed since the 1988–1989 epidemics, remains a major concern for clinicians [30,69]. These multiple resistances seriously compromise national goals to eliminate malaria by 2030 [90].

Despite these efforts, a resurgence of *P. falciparum* and *P. vivax* is anticipated [83,84,86]. Major challenges include vector resistance, diagnostic limitations, and cross-border importation of the parasite. Strengthened surveillance and therapeutic innovation are essential to achieving these goals [90].

La filariose lymphatique

La filariose lymphatique reste l'une des maladies les plus rares touchant la population djiboutienne, les données disponibles étant contradictoires et ne permettant pas de statuer clairement sur sa prévalence.

Initialement, la République de Djibouti était classée parmi les pays ayant des antécédents de transmission de la filariose lymphatique. Entre 2000 et 2001, des enquêtes communautaires à l'échelle nationale ont confirmé ce statut grâce à des tests de dépistage par bandelette dans l'ensemble des zones potentiellement endémiques [63]. Par la suite, des activités de cartographie ont été prévues pour évaluer la situation [21]. Cependant, une décennie plus tard, la possibilité d'une transmission active en République de Djibouti reste incertaine, faute d'enquêtes épidémiologiques récentes. Des cas importés depuis le Yémen, où la maladie est endémique, sont suspectés [65]. La proximité géographique et l'afflux important de migrants fuyant la guerre accentuent ce risque. Entre 2016 et 2017, une nouvelle enquête utilisant des bandelettes de dépistage a révélé une prévalence de 0,3 % (ministère de la Santé, données non publiées) [91].

La dengue

Bien que moins documentée que le paludisme, la dengue est mentionnée comme une menace émergente. Le principal vecteur est *Aedes aegypti*. Entre 1987 et 1988, aucun cas dû au virus de la dengue n'a été détecté à Djibouti [81]. Cependant, une épidémie majeure de dengue de sérotype 2 (DENV-2) a frappé le pays d'octobre 1991 à février 1992, avec environ 12 000 cas estimés et un taux d'attaque de 3,8 % confirmé par des analyses sérologiques. Cette épidémie suggère une introduction récente du DENV-2 dans la région, hypothèse soutenue par plusieurs études [32,77]. Entre 1996 et 1999, le DENV-2 a continué de circuler silencieusement, sans déclencher d'épidémie [5,53]. Une enquête sérologique menée durant cette période s'est par ailleurs révélée négative pour les sérotypes DENV-1 et DENV-4 [77].

En 2000, un cas de dengue compliquée d'une crise maniaque a été signalé chez un militaire de retour de Djibouti [74]. Parallèlement, des travaux génomiques ont permis de décrire entièrement la souche DENV-1 circulant dans le pays. L'analyse phylogénétique indique que cette souche djiboutienne serait le progéniteur africain de la souche cambodgienne et le parent principal de celle identifiée à Singapour [89]. La souche DENV-2 serait apparentée avec celles du Kenya, de l'île

Lymphatic Filariasis

Lymphatic filariasis is one of the rarest diseases affecting the population of Djibouti. Available data is contradictory and does not allow for a clear determination of its prevalence.

Initially, the Republic of Djibouti was classified as a country with a history of lymphatic filariasis transmission. Between 2000 and 2001, nationwide community surveys confirmed this status through strip testing in all potentially endemic areas [63]. Subsequently, mapping activities were planned to assess the situation [21]. However, due to a lack of recent epidemiological surveys, the possibility of active transmission in the Republic of Djibouti remains uncertain a decade later. Cases imported from Yemen, where the disease is endemic, are suspected [65]. The geographical proximity and the large influx of migrants fleeing the war increase this risk. Between 2016 and 2017, a new survey using screening strips revealed a prevalence of 0.3% (Ministry of Health, unpublished data) [91].

Dengue

Although less well documented than malaria, dengue is mentioned as an emerging threat. The main vector is *Aedes aegypti*.

Between 1987 and 1988, no dengue virus cases were detected in Djibouti [81]. However, the country experienced a major epidemic of dengue fever serotype 2 (DENV-2) from October 1991 to February 1992, with an estimated 12,000 cases and an attack rate of 3.8%, as confirmed by serological analyses. This epidemic suggests a recent introduction of DENV-2 into the region, a hypothesis supported by several studies [32,77]. DENV-2 continued to circulate silently between 1996 and 1999, without triggering an epidemic [5,53]. A serological survey conducted during this period was also negative for the DENV-1 and DENV-4 serotypes [77].

In 2000, a case of dengue fever complicated by a manic episode was reported in a soldier who had returned from Djibouti [74]. Around that time, genomic research allowed for a complete description of the DENV-1 strain circulating in the country. Phylogenetic analysis indicates that the Djiboutian strain is the progenitor of the Cambodian strain and the parent strain of the one identified in Singapore [89]. The DENV-2 strain is believed to be related to strains found in Kenya,

de la Réunion et de Guangzhou en Chine [36]. La dengue est aujourd'hui considérée comme une maladie endémique à Djibouti [64,83]. Le sérotype DENV-1 a été identifié à plusieurs reprises, notamment chez *Ae. aegypti* [50]. Sa circulation a été documentée dans des études épidémiologiques [43,44]. Entre 2010 et 2011, une surveillance renforcée au sein de l'armée française stationnée à Djibouti a révélé pour la première fois la co-circulation des DENV-1 et DENV-3 [42,44]. Une étude sérologique rapporte une séroprévalence de 21,8 % chez les adultes, nettement supérieure à celle d'autres arbovirus [6]. Contrairement à d'autres régions, elle n'affecte pas majoritairement les enfants.

Entre 2019 et 2020, une co-circulation d'arbovirus incluant des cas de dengue et de chikungunya ainsi que de paludisme a été observée [34]. La transmission est annuelle, avec un pic de mars à octobre, et le risque est jugé élevé. En l'absence de mesures de protection adaptées pour les personnes exposées, le taux d'infection mensuel est estimé entre 1 % et 50 % parmi les populations à risque [88].

Le chikungunya

La première enquête sérologique humaine, réalisée en 1987, a révélé que le virus du chikungunya (CHIKV) n'était qu'une faible menace pour la population. Un seul sujet séropositif, originaire d'Éthiopie, présentait des anticorps contre le CHIKV, probablement développés lors d'une infection antérieure [81]. Jusqu'en 2009, seuls quelques cas isolés de transmission autochtone avaient été identifiés sur le territoire [3]. Une enquête menée en 2010 a montré que seulement 2,6 % de la population possédaient des anticorps contre ce virus. Cependant, une épidémie de CHIKV a été signalée peu après, en 2011 [6].

En 2017, la souche indienne du virus a été détectée chez un Français résidant à Djibouti, diagnostiqué avec une infection aiguë autochtone. Cette observation a suggéré une possible implication de cette souche dans une épidémie dans la Corne de l'Afrique. Le virus est réapparu en novembre 2019. L'analyse phylogénétique a confirmé que la souche djiboutienne appartenait à la lignée indienne du génotype ECSA (Afrique de l'Est/Centrale/Sud). Deux mutations, augmentant significativement l'adaptabilité du virus à *Ae. aegypti* seul vecteur présent dans la ville de Djibouti, ont été identifiées [27].

Entre 2019 et 2020, une épidémie de chikungunya a touché la ville de Djibouti, coïncidant avec une circulation simultanée du virus de la dengue et du

Réunion Island, and Guangzhou, China [36]

Dengue is now considered endemic in Djibouti [64,83]. The DENV-1 serotype has been identified several times, particularly in *Ae. aegypti* [50]. Its circulation has been documented in epidemiological studies [43,44]. Between 2010 and 2011, enhanced surveillance by the French military in Djibouti revealed the co-circulation of DENV-1 and DENV-3 for the first time [42,44]. A serological study reported a seroprevalence of 21.8% in adults, which is significantly higher than that of other arboviruses [6]. Unlike in other regions, dengue does not primarily affect children.

From 2019 to 2020, the co-circulation of arboviruses, including dengue, chikungunya, and malaria, was observed [34]. Transmission occurs annually, peaking from March to October, and the risk is considered high. Without appropriate protective measures for exposed individuals, the estimated monthly infection rate among at-risk populations is between 1% and 50% [88].

Chikungunya

The first human serological survey, conducted in 1987, revealed that the chikungunya virus (CHIKV) posed a low threat to the population. Only one seropositive individual, who was originally from Ethiopia, had antibodies against CHIKV, which were likely developed during a previous infection [81]. Until 2009, only a few cases of local transmission were identified in the territory [3]. A 2010 survey showed that only 2.6% of the population had antibodies against the virus. However, a CHIKV epidemic was reported shortly thereafter in 2011 [6].

In 2017, the Indian strain of the virus was detected in a French citizen residing in Djibouti who was diagnosed with an acute indigenous infection. This observation suggested possible involvement of this strain in an epidemic in the Horn of Africa. The virus reappeared in November 2019. Phylogenetic analysis confirmed that the Djiboutian strain belonged to the Indian lineage of the ECSA (East/Central/South Africa) genotype. Two mutations that significantly increased the virus's adaptability to *Ae. aegypti*, the only vector present in Djibouti, were identified [27].

Between 2019 and 2020, a chikungunya epidemic affected the city of Djibouti, coinciding with the circulation of dengue virus and malaria. Secondary

paludisme. Fait notable, des infections secondaires (pneumonie, gingivite avec candidose buccale) ont été observées chez quatre patients atteints de chikungunya [34]. De plus, un cas chez des membres des forces armées américaines a dû être hospitalisé pendant plus de 12 mois [87].

Ae. aegypti, l'espèce responsable de la transmission du chikungunya et de la dengue [45] et [75], a été détectée dans le pays en 1976 [76]. La transmission du chikungunya est possible tout au long de l'année, avec un pic entre mars et octobre, et un risque considéré comme intermédiaire [88].

La fièvre de la vallée du Rift

Jusqu'en 1987, aucune infection humaine par le virus de la fièvre de la vallée du Rift (RVF) n'a été recensée en République de Djibouti [81]. Par la suite, une étude sérologique menée auprès de travailleurs d'abattoirs n'a détecté aucune séropositivité pour le RVF [14]. Une étude réalisée sur des sérums de dromadaires provenant de Djibouti, a confirmé l'absence d'anticorps contre ce virus [58].

Dans les années 2000, une épidémie de RVF aux conséquences catastrophiques pour le bétail a frappé la Corne de l'Afrique, incluant potentiellement Djibouti [3]. Toutefois, aucun cas n'a été explicitement signalé dans le pays. En 2021, une étude pilote a évalué une méthode innovante de détection des pathogènes vectoriels, combinant des cartes de détection *Fast Technology for Analysis of Nucleic Acids* (FTA®) et une PCR quantitative en temps réel. Cette approche n'a révélé aucune trace du RVF parmi les cibles analysées [51].

En 2024, aucun foyer épidémique de RVF n'a été officiellement enregistré à Djibouti, malgré une surveillance active. L'absence récurrente de cas confirmés, tant chez l'humain que chez l'animal, suggère que le territoire est indemne de cette arbovirose, une situation particulière pour la Corne de l'Afrique, région endémique.

La fièvre du Nil occidental

Les premières circulations autochtones du virus du Nil occidental (VNO) ont été détectées chez des chevaux entre juillet 2004 et août 2005, avec un taux de séroconversion de 9 % [12]. Une épidémie majeure a ensuite touché la population humaine de la région rurale de Djibouti en 2006, avec un taux d'attaque moyen de 16 % [3].

Plusieurs cas cliniques d'infection par le VNO ont été documentés parmi les militaires français stationnés à Djibouti : trois cas en 2014, un en 2015 et un début 2016, confirmant une circulation virale continue mais variable selon les années [52].

infections, including pneumonia and gingivitis with oral candidiasis, were observed in four patients with chikungunya [34]. Additionally, one case among members of the U.S. Armed Forces required hospitalization for over 12 months [87]. *Ae. aegypti*, the species responsible for transmitting chikungunya and dengue [45] and [75], was first detected in the country in 1976 [76]. Chikungunya transmission is possible year-round, peaking between March and October, with an intermediate risk [88].

Rift Valley Fever

Until 1987, there had been no reported cases of human infection with the Rift Valley fever virus (RVF) in the Republic of Djibouti [81]. A subsequent serological study conducted among slaughterhouse workers detected no seropositivity for RVF [14]. A study of camel serum from Djibouti confirmed the absence of antibodies against the virus [58].

In the 2000s, a catastrophic RVF epidemic struck the Horn of Africa, potentially including Djibouti [3]. However, no cases were explicitly reported in the country. In 2021, a pilot study evaluated an innovative method for detecting vector pathogens. This method combined Fast Technology for Analysis of Nucleic Acids (FTA®) indicator cards and quantitative real-time PCR. This approach revealed no trace of RVF among the analyzed samples [51].

As of 2024, there have been no official reports of RVF epidemic outbreaks in Djibouti, despite active surveillance. The recurring absence of confirmed cases in both humans and animals suggests that the territory is free of this arbovirus, a unique situation for the Horn of Africa, an endemic region.

West Nile fever

The first indigenous circulation of the West Nile virus (WNV) was detected in horses between July 2004 and August 2005, with a seroconversion rate of 9% [12]. A major epidemic then affected the human population in rural Djibouti in 2006, with an average attack rate of 16% [3].

Several cases of West Nile virus (WNV) infection have been documented among French military personnel stationed in Djibouti: three cases in 2014, one case in 2015, and one case in early 2016. These cases confirm continuous, though variable, viral circulation over the years [52].

Les analyses ont révélé que la lignée 2 du VNO était responsable des cas identifiés entre le 20 décembre 2010 et le 7 janvier 2011 [26]. Fait notable, le VNO a été impliqué dans un cas de paralysie flasque aiguë chez un patient ayant séjourné à Djibouti, initialement suspecté de poliomyélite [47].

Deux espèces de moustiques assurent la transmission du VNO : *Culex quinquefasciatus* (signalé dès 1979), actif en zones péri-urbaines et rurales [30] et *Cx. pipiens torridus* (détecté en 2009), principalement urbain [24,26]. La transmission persiste toute l'année, avec un pic d'activité de mars à octobre, et le risque global est classé comme intermédiaire [88]. Une étude a confirmé la présence du VNO chez des vecteurs, sans toutefois préciser la lignée virale [50].

La fièvre jaune

Initialement, la République de Djibouti avait été classée comme zone d'endémicité amarile par l'UNRRA (Administration des Nations Unies pour le secours et la réhabilitation). Cette classification était conditionnelle. L'exclusion de l'endémicité était permise à condition que l'indice stégo-myien de Breteau (pour *Ae. aegypti*) dans le port de Djibouti reste inférieur à 1 % et qu'un rapport trimestriel sur cet indice soit transmis à l'OMS [62].

Les données disponibles suggèrent une absence historique de fièvre jaune sur le territoire. En 1947, une enquête sérologique menée à Djibouti et Tadjourah concluait à une faible probabilité d'épidémie récente, malgré un échantillonnage limité [8]; en 1987 une étude utilisant des tests d'immunofluorescence indirecte n'a détecté aucune infection humaine récente par le virus amaril [81].

Certaines sources affirment catégoriquement qu'aucun cas n'a jamais été rapporté [56], ce qui corrobore le statut officiel de « pays sans risque » dans la classification de l'OMS [35]. Bien qu'indemne historiquement, Djibouti présente des facteurs de risque. La zone portuaire apparaît comme la plus exposée à une introduction virale. La présence d'*Ae. aegypti* est confirmée depuis 1976 [76]. Une surveillance entomologique doit être maintenue (conditions UNRRA). Cette situation justifie une vigilance particulière malgré l'absence de circulation avérée [29].

Le Zika

La République de Djibouti n'a pas enregistré de voyageur en provenance de zones où le virus Zika était endémique. Une exception notable

Analyses revealed that WNV lineage 2 was responsible for the cases identified between December 20, 2010, and January 7, 2011 [26]. Notably, WNV was implicated in a case of acute flaccid paralysis in a patient who had stayed in Djibouti and was initially suspected of having poliomyelitis [47].

Two species of mosquitoes transmit WNV: *Culex quinquefasciatus*, active in peri-urban and rural areas [30] and reported since 1979, and *Cx. pipiens torridus*, mainly urban and detected in 2009 [24,26]. Transmission persists throughout the year, with peak activity from March to October, and the overall risk is classified as intermediate [88]. One study confirmed the presence of WNV in vectors but did not specify the viral lineage [50].

Yellow fever

Initially, the Republic of Djibouti was classified as an Amarile endemic area by the United Nations Relief and Rehabilitation Administration (UNRRA). This classification was conditional. The country could be excluded from the classification if the Breteau stegomyian index (for *Ae. aegypti*) in the port of Djibouti remained below 1%, and if a quarterly report on this index was submitted to the WHO [62].

Available data suggest an historical absence of yellow fever in the territory. In 1947, a serological survey in Djibouti and Tadjourah concluded that the probability of a recent epidemic was low, despite limited sampling [8]. In 1987, an indirect immunofluorescence test study detected no recent human infections with the Amarile virus [81].

Some sources state categorically that no cases have ever been reported [56], which corroborates Djibouti's official status as a "risk-free country" in the WHO classification [35]. Although Djibouti has historically been free of the virus, it presents risk factors. The port area is the most exposed to the introduction of the virus. The presence of *Ae. aegypti* has been confirmed since 1976 [76]. Entomological surveillance must be maintained (UNRRA conditions). Despite the absence of proven circulation, this situation warrants particular vigilance [29].

Zika

The Republic of Djibouti has not recorded any travelers from areas where the Zika virus was endemic. However, there was one notable exception

est toutefois survenue lors des Jeux Olympiques de Rio de Janeiro en 2016, où une délégation djiboutienne séjourna [31]. Bien que ce retour ait pu représenter un risque d'importation du virus, aucun cas n'a été signalé confirmant ainsi l'absence du Zika sur le territoire.

Discussion

Les maladies vectorielles à transmission culicidienne à Djibouti ont suscité un intérêt croissant au cours de la dernière décennie. Cette attention accrue s'explique par une double dynamique : l'émergence récente d'une espèce vectorielle invasive (*An. stephensi*) et une recrudescence préoccupante de pathologies endémiques, exacerbée par les changements climatiques et l'urbanisation rapide.

Les résultats de notre travail révèlent qu'au moins quatre maladies transmises par les moustiques ont été identifiées avec certitude, dont deux persistent de manière continue tout au long de l'année : le paludisme et la dengue. Les deux autres, la fièvre du Nil occidental et le chikungunya, n'ont été signalées que ponctuellement.

Surveillance des maladies à Djibouti

La surveillance épidémiologique repose sur la collecte, l'analyse et l'interprétation continues de données sanitaires, fournissant des informations essentielles pour la planification, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques de santé publique. À Djibouti, les maladies à déclaration obligatoire incluent les fièvres hémorragiques (dont la fièvre de la vallée du Rift), le MERS-Coronavirus (syndrome respiratoire aigu sévère du Moyen Orient), la brucellose et la rage, soit quatre zoonoses majeures.

Les professionnels de santé (médecins et vétérinaires) doivent également signaler d'autres pathologies à haut risque épidémique, comme le virus du Nil occidental, la dengue et la fièvre jaune [68]. Conformément au Règlement sanitaire international de l'OMS, les États membres doivent notifier tout événement susceptible de constituer une urgence sanitaire mondiale [67]. Une communication rapide des flambées épidémiques est cruciale pour alerter les acteurs de la santé et renforcer la vigilance, notamment vis-à-vis des patients revenant de zones endémiques.

Le risque d'émergence de maladies depuis l'Éthiopie existe. Les migrations entre Djibouti et l'Éthiopie, où des maladies comme la fièvre jaune [22], le Zika [71], la filariose lymphatique [20] ou la

during the 2016 Olympic Games in Rio de Janeiro, when a delegation from Djibouti stayed there [31]. While this could have posed a risk of introducing the virus, no cases were reported, confirming the absence of Zika in the territory.

Discussion

Culicid-transmitted vector-borne diseases in Djibouti have attracted growing interest over the last decade. This increased attention can be explained by two factors: the recent emergence of an invasive vector species (*An. stephensi*) and the resurgence of endemic diseases, which is exacerbated by climate change and rapid urbanization. Our work reveals that at least four mosquito-borne diseases have been identified, two of which persist throughout the year: malaria and dengue fever. The other two, West Nile fever and chikungunya, have only been reported sporadically.

Disease surveillance in Djibouti

Epidemiological surveillance involves the ongoing collection, analysis, and interpretation of health data. This process provides essential information for planning, implementing, and evaluating public health policies. In Djibouti, notifiable diseases include hemorrhagic fevers (such as Rift Valley fever), Middle East Respiratory Syndrome, brucellosis, and rabies—four major zoonotic diseases. Health professionals, including doctors and veterinarians, must also report other diseases with a high epidemic risk, such as West Nile virus, dengue, and yellow fever [68].

According to the WHO International Health Regulations, member states must report any event that could constitute a global health emergency [67]. Rapid communication of outbreaks is crucial to alerting health professionals and increasing vigilance, particularly regarding patients returning from endemic areas.

There is a risk of diseases emerging from Ethiopia. Migration between Djibouti and Ethiopia, where diseases such as yellow fever [22], Zika [71], lymphatic filariasis [20], and Rift Valley fever [60] are present, is a critical risk factor. For example, the spread of dengue serotypes via travelers is well documented. This is evidenced by the introduction of DENV-3 into Latin America from Asia in

fièvre de la vallée du Rift [60] sont présentes, constituent un facteur de risque critique: par exemple, la dissémination des sérotypes de la dengue via les voyageurs est bien documentée, comme en témoigne l'introduction du DENV-3 en Amérique latine dans les années 1994 à partir de l'Asie [13]. Concernant le paludisme, cinq espèces du genre *Plasmodium* sont responsables de la maladie chez l'humain: *P. falciparum* [48], *P. knowlesi* [84], *P. malariae* [18], *P. ovale* [17] et *P. vivax* [16]. De plus, il convient de souligner que *P. ovale* a été principalement observé chez des militaires français en provenance d'Afrique de l'Ouest, où cette espèce est endémique [46]. Cela suggère une origine exogène à Djibouti. Néanmoins, ce parasite pourrait se propager localement via la piqûre d'un patient infecté par *An. stephensi* [25], un vecteur compétent capable de favoriser sa circulation [16].

Les réservoirs animaux et humains jouent un rôle clé dans la persistance des maladies. Comme pour le paludisme, les porteurs asymptomatiques de la dengue pourraient maintenir une transmission silencieuse, un phénomène décrit dans des contextes de faible surveillance [82]. Le virus du Nil occidental, absent à Djibouti mais présent en Éthiopie, pourrait être transporté par des oiseaux migrateurs comme ceux impliqués dans la diffusion du virus en Afrique, en Europe et en Amérique [41,49].

On suggère de renforcer la surveillance syndromique avec l'intégration des tests moléculaires (RT-PCR) et sérologiques pour détecter les co-infections et les cas asymptomatiques des virus [4] ainsi que l'investigation des réservoirs animaux et des dynamiques vectorielles, en s'inspirant des travaux réalisés en Afrique centrale [40].

Lutte contre les maladies vectorielles

La gestion intégrée des vecteurs est un pilier central de cette lutte. L'Institut national de santé publique et le Programme national de lutte contre le paludisme (PNLP) surveillent activement les moustiques vecteurs présents à Djibouti, tels que *An. gambiae* et *An. stephensi* et *Ae. aegypti*.

La problématique a fait l'objet de nombreuses investigations scientifiques, notamment dans l'étude pionnière de Abdi Khaireh Bouh [37] qui porte sur le paludisme à Djibouti en vue d'une pré-élimination. Ce travail, centré sur les spécificités d'un contexte de transmission résiduelle, a analysé les défis posés par la persistance de foyers endémiques localisés et l'impact des flux migratoires transfrontaliers sur les risques récurrents d'importation parasitaire. L'auteur

1994 [13]. Regarding malaria, five species of the genus *Plasmodium* cause the disease in humans: *P. falciparum* [48], *P. knowlesi* [84], *P. malariae* [18], *P. ovale* [17] and *P. vivax* [16]. Additionally, *P. ovale* has mainly been observed in French soldiers returning from West Africa, where it is endemic [46]. This suggests an exogenous origin in Djibouti. However, the parasite could spread locally through the bite of an infected *An. stephensi* [25], a competent vector capable of transmitting the parasite [16].

Animal and human reservoirs play a key role in the persistence of diseases. As with malaria, asymptomatic dengue carriers could maintain silent transmission, a phenomenon observed in areas with low surveillance [82]. Just as migratory birds spread the virus throughout Africa, Europe, and the Americas, they could also carry the West Nile virus. [41,49].

Strengthening syndromic surveillance by integrating molecular (RT-PCR) and serological tests could help detect co-infections and asymptomatic cases of viruses [4]. Additionally, investigating animal reservoirs and vector dynamics could provide insight, drawing inspiration from work carried out in Central Africa [40].

Control of vector-borne diseases

Integrated vector management is central to this effort. The National Institute of Public Health and the National Malaria Control Program (PNLP) actively monitor mosquito vectors present in Djibouti, such as *An. gambiae*, *An. stephensi*, and *Ae. aegypti*.

This issue has been the subject of numerous scientific investigations, notably the pioneering study by Abdi Khaireh Bouh [37] on malaria in Djibouti prior to elimination. Focusing on the specifics of a residual transmission context, this work analyzed the challenges posed by the persistence of localized endemic foci and the impact of cross-border migration flows on the recurring risk of parasite importation. The author emphasizes Djibouti's vulnerability, as it is

souligne notamment la vulnérabilité du territoire djiboutien, situé dans un corridor épidémiologique où la mobilité des populations en provenance de zones hyper-endémiques (Éthiopie, Somalie) complexifie les stratégies de contrôle. Cette recherche a également mis en lumière l'hétérogénéité spatio-temporelle des cas autochtones, plaidant pour une approche différentielle combinant surveillance moléculaire et renforcement des barrières prophylactiques aux points d'entrée.

Depuis 2024, un projet de collaboration a été lancé entre la biotech Oxitec, spécialisée dans les solutions de lutte anti-vectorielle par modification génétique, l'ONG Association Mutualis et le PNLP [70]. Cette initiative vise à endiguer la recrudescence du paludisme liée à l'expansion d'*An. stephensi*, une espèce invasive particulièrement résistante aux méthodes de contrôle traditionnelles. Ce projet consiste en des lâchers de mâles de cette espèce portant un gène léthal pour les femelles et ce pour réduire de 90 % la population.

D'autres méthodes sont utilisées, notamment la pulvérisation d'insecticides de troisième génération, les moustiquaires imprégnées et la surveillance des gîtes larvaires. Cependant, il y a des difficultés liées à la résistance aux insecticides et à l'urbanisation anarchique.

Sensibilisation et prévention

Des campagnes d'éducation sanitaire sur les maladies vectorielles et les méthodes de lutte anti-vectorielle sont diffusées via des programmes télévisés et radiophoniques et des annonces publicitaires ciblées. Ces actions visent à améliorer les connaissances du public et à promouvoir des comportements préventifs.

Pour renforcer l'impact des campagnes de sensibilisation sur les maladies vectorielles et sur les méthodes de lutte anti-vectorielle, une approche multicanale, inclusive et adaptée aux contextes locaux est essentielle. Nous proposons :

- la diversification des canaux de communication, notamment l'utilisation des réseaux sociaux (Facebook, X) pour toucher les jeunes avec des contenus interactifs (vidéos courtes, infographies, témoignages), et le développement d'applications mobiles éducatives avec des alertes en temps réel sur les périodes à risque ou les épidémies ;
- l'organisation d'ateliers dans les écoles, les marchés et les centres de santé, animés par des agents locaux ou des influenceurs communautaires et la distribution des supports visuels (affiches, dépliants) en langues locales,

situé dans un corridor épidémiologique où la population mobile de régions hyper-endémiques (e.g., Éthiopie et Somalie) complique les stratégies de contrôle. La recherche a également révélé l'hétérogénéité spatiale et temporelle des cas indigènes, suggérant une approche différentielle qui combine la surveillance moléculaire avec le renforcement des barrières prophylactiques aux points d'entrée.

En 2024, Oxitec, une entreprise de biotechnologie spécialisée dans les solutions de contrôle des vecteurs par modification génétique, a lancé un projet collaboratif avec l'Association Mutualis et le PNLP [70]. Le projet vise à stopper la résurgence du paludisme associée à l'augmentation de *An. stephensi*, une espèce invasive résistante aux méthodes de contrôle traditionnelles. Le projet implique la libération de mâles de moustiques portant un gène létal pour réduire la population de 90%.

Autres méthodes sont également employées, incluant le pulvérisage d'insecticides de troisième génération, la distribution de moustiquaires imprégnées et la surveillance des sites de reproduction larvaires. Cependant, des difficultés liées à la résistance aux insecticides et à l'urbanisation incontrôlée restent.

Awareness and prevention

Health education campaigns on vector-borne diseases and vector control methods are disseminated via television and radio programs, as well as targeted advertisements. These campaigns aim to improve public knowledge and promote preventive behaviors.

A multi-channel approach that is inclusive and adapted to local contexts is essential to strengthen the impact of awareness campaigns on vector-borne diseases and vector control methods. We propose:

- Diversify communication channels, particularly through social media (e.g., Facebook and X), to share interactive content (e.g., short videos, infographics, and testimonials) with young people and develop educational mobile apps with real-time alerts about periods of risk or epidemics.
- Organize workshops in schools, markets, and health centers led by local agents or community influencers. Distribute visual materials (e.g., posters and leaflets) in local languages that illustrate preventive measures (e.g., use of mosquito nets and elimination of standing water).

illustrant les gestes préventifs (utilisation de moustiquaires, élimination des eaux stagnantes);

- l'adaptation du contenu aux publics spécifiques en mettant l'accent sur l'assainissement de l'environnement et les méthodes de protection traditionnelles (moustiquaires imprégnées) aussi bien en zones rurales qu'en zones urbaines et en se focalisant sur la prévention individuelle (répulsifs, vêtements couvrants) et la gestion des déchets en zone urbaine. Pour les voyageurs, il faudrait mettre en place des partenariats avec les agences de tourisme pour diffuser des conseils avant les déplacements et après;
- l'implication des chefs religieux, enseignants, personnalités médiatiques pour renforcer la crédibilité des messages.

- Adapt the content to specific audiences by emphasizing. Emphasize environmental sanitation and traditional protection methods (e.g., impregnated mosquito nets) in rural and urban areas. Focus on individual prevention (e.g., repellents and protective clothing) and waste management in urban areas. For travelers, partnerships should be established with tourism agencies to disseminate advice before and after travel.
- Involve religious leaders, teachers, and media personalities to reinforce the credibility of the messages.

Conclusions

Notre étude sur les maladies transmises par les moustiques à Djibouti montre que le pays a historiquement été touché par quatre d'entre elles: le chikungunya, la dengue, la fièvre du Nil occidental et le paludisme. Ce dernier a connu une recrudescence marquée en raison de l'émergence de nouvelles espèces de vecteurs sur le territoire, contribuant ainsi à la persistance de sa transmission.

D'autres pathologies comme la fièvre de la vallée du Rift, la fièvre jaune, la filariose lymphatique et le Zika ont été associées à la République de Djibouti dans la littérature. Toutefois, les données disponibles indiquent qu'aucun cas autochtone ou importé de ces maladies n'a été confirmé à ce jour. Des recherches approfondies sont nécessaires pour caractériser les agents pathogènes et les vecteurs potentiels, ainsi que pour mieux comprendre les signes cliniques associés. Ces travaux permettraient d'éclairer des questions encore non résolues.

Djibouti fait face à une crise sanitaire complexe, marquée par l'émergence d'un vecteur invasif *An. stephensi* et la recrudescence du paludisme. Les stratégies innovantes, comme les moustiques génétiquement modifiés, coexistent avec des défis structurels (résistance aux insecticides, urbanisation). Une approche intégrée, associant surveillance épidémiologique dans un contexte de changement climatique, contrôle biologique et coopération régionale, sera cruciale pour contrer ces menaces sachant que 90 % de la population djiboutienne vit en ville, augmentant

Conclusions

Our study on mosquito-borne diseases in Djibouti shows that the country has historically experienced four of them: chikungunya, dengue, West Nile fever, and malaria. Malaria has seen a marked resurgence due to the emergence of new vector species in the territory, contributing to the persistence of its transmission.

The Republic of Djibouti has been associated with other diseases, such as Rift Valley fever, yellow fever, lymphatic filariasis, and Zika, in the literature. However, available data indicate that there have been no confirmed cases of these diseases, either indigenous or imported, to date.

Further research is needed to characterize potential pathogens and vectors and to better understand the associated clinical signs. This work would help shed light on unresolved issues.

Djibouti is facing a complex health crisis marked by the emergence of the invasive mosquito species *An. stephensi* and the resurgence of malaria. Innovative strategies, such as the use of genetically modified mosquitoes, must coexist with structural challenges, such as insecticide resistance and urbanization. An integrated approach combining epidemiological surveillance, biological control, and regional cooperation will be crucial to counter these threats given that 90% of Djibouti's population lives in cities, which increases exposure to urban vectors.

Notably, *An. stephensi* has already been reported in Ethiopia, Somalia, and Sudan, threatening to spread urban malaria in East Africa. Enhanced

ainsi l'exposition aux vecteurs urbains. Il est à noter que *An. stephensi* est déjà signalé en Éthiopie, en Somalie et au Soudan, menaçant de propager le paludisme urbain en Afrique de l'Est. Une collaboration renforcée entre l'OMS, les autorités sanitaires, les professionnels de santé et la communauté est essentielle pour prévenir l'importation d'agents infectieux et limiter l'impact des infections contractées localement.

Financement

Cette étude n'a reçu aucun financement.

Contribution des auteurs

Abdoulgabar ABDOURAHMAN OMAR: prospection bibliographique, définition de la méthodologie, rédaction de l'article et validation. Oumnia HIMMI: conception de l'étude, correction et validation du manuscrit.

Déclaration de liens d'intérêt

Les auteurs ne déclarent aucun lien d'intérêts.

Auteurs / Authors

Abdoulgabar ABDOURAHMAN OMAR (1, ORCID: 0009-0003-5633-1212)*, Oumnia HIMMI (1, oumnia.himmi@is.um5.ac.ma, ORCID: 0000-0001-5559-5310)

1. Centre de recherche en géophysique, patrimoine naturel et chimie verte (GEOPAC), Laboratoire géo-biodiversité et patrimoine naturel (GEOBIOL), Institut scientifique, Université Mohammed V de Rabat, Maroc.

* Auteur correspondant: abdoulgabar98@gmail.com

Références / References

1. Abdel-Hameed AA. Antimalarial drug resistance in the Eastern Mediterranean Region. *East Mediterr Health J.* 2003 Jul;9(4):492-508.
2. Abdourahman Omar A, Himmi O. Les moustiques (Diptera: Culicidae) de Djibouti: revue bibliographique (1970-2023). *Med Trop Sante Int.* 2024 Mar 12;4(1):mtsi.v4i1.2024.365.
3. Ahmed A. Influence des comportements à risque sur l'épidémiologie du VIH à Djibouti et mise en place d'un système d'alerte précoce aux épidémies dans un contexte de ressources limitées. Santé publique et épidémiologie. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2009.
4. Albuquerque DC, Martins VC, Fernandes E, Zé-Zé L, Alves MJ, Cardoso S. Combined detection of molecular and serological signatures of viral infections: The dual assay concept. *Biosens Bioelectron.* 2022 Aug 15;210:114302. doi: 10.1016/j.bios.2022.114302.
5. Amarasinghe A, Kuritsk JN, Letson GW, Margolis HS. Dengue virus infection in Africa. *Emerg Infect Dis.* 2011 Aug;17(8):1349-54. doi: 10.3201/eid1708.101515.

collaboration between the WHO, health authorities, health professionals, and the community is essential to prevent the importation of infectious agents and limit the impact of locally acquired infections.

Funding

This study received no funding.

Authors' contributions:

Abdoulgabar ABDORAHMAN OMAR: bibliographic research, definition of methodology, writing of the article, and validation. Oumnia HIMMI: study design, correction, and validation of the manuscript.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

6. Andayi F, Charrel RN, Kieffer A, Richet H, Pastorino B, Leparco-Goffart I, Ahmed AA, Carrat F, Flahault A, de Lamballerie X. A sero-epidemiological study of arboviral fevers in Djibouti, Horn of Africa. *PLoS Negl Trop Dis.* 2014 Dec 11;8(12):e3299. doi: 10.1371/journal.pntd.0003299.
7. Bogreau H, Renaud F, Bouchiba H, Durand P, Assi SB, Henry MC, Garnotel E, Pradines B, Fusai T, Wade B, Adehossi E, Parola P, Kamil MA, Puijalón O, Rogier C. Genetic diversity and structure of African *Plasmodium falciparum* populations in urban and rural areas. *Am J Trop Med Hyg.* 2006 Jun;74(6):953-9.
8. Bonnel PH, Deutschman Z. La fièvre jaune en Afrique au cours des années récentes. *Bull World Health Organ.* 1954;11(3):325-89.
9. Bordes J, Roseau JB, Wybrect D, Py E, Benois A. Early and severe haemolysis after treatment with artesunate for severe malaria. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2015 Dec;34(6):365-6. doi: 10.1016/j.accpm.2015.04.006.
10. Bouffard G. Géographie médicale: Djibouti. *Ann Hyg Med Col.* 1905;8:333-75.
11. Bouffard G, Chabaneix JA. Quelques cas de fièvre paludéenne observés à Djibouti chef-lieu de la Côte des Somalis. *Ann Hyg Med Col.* 1901;4:440-52.
12. Cabre O, Grandadam M, Marié JL, Gravier P, Prangé A, Santinelli Y, Rous V, Bourry O, Durand JP, Tolou H, Davoust B. West Nile Virus in horses, sub-Saharan Africa. *Emerg Infect Dis.* 2006 Dec;12(12):1958-60. doi: 10.3201/eid1212.060042.
13. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Dengue type 3 infection--Nicaragua and Panama, October-November 1994. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 1995 Jan 20;44(2):21-4.

14. Chantal J, Bessièrè MH, Le Guenno B, Magnaval JF, Dorchie P. Dépistage sérologique de certaines zoonoses sur le personnel de l'abattoir de Djibouti-ville. *Bull Soc Pathol Exot.* 1996;89(5):353-7.
15. Charriot G, Richard-Lenoble D, Ardouin C, Labegorre J, Gentilini M. Évaluation des anticorps antiplasmodiaux dans la splénomégalie idiopathique africaine. *Bull Soc Pathol Exot Filiales.* 1974 Jan-Feb;67(1):44-52. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
16. Coatney GR, Collins WE, Warren M, Contacos P G. The primate malarías. 1971.
17. Collins WE, Jeffery GM. *Plasmodium ovale*: parasite and disease. *Clin Microbiol Rev.* 2005 Jul;18(3):570-81. doi: 10.1128/CMR.18.3.570-581.2005.
18. Collins WE, Jeffery GM. *Plasmodium malariae*: Parasite and Disease. *Clin Microbiol Rev.* 2007 Oct;20(4):579-92. doi: 10.1128/CMR.00027-07.
19. Coton T, Debourdeau P, Schoenlaub P, Grassin F, Maslin J. Péricardite aiguë associée à un accès palustre de reviviscence à *Plasmodium ovale*. *Med Trop (Mars).* 2011 Feb;71(1):79-80.
20. Deribe K, Kebede B, Tamiru M, Mengistu B, Kebede F, Martindale S, Sime H, Mulugeta A, Kebede B, Sileshi M, Mengiste A, McPherson S, Fentaye A. Integrated morbidity management for lymphatic filariasis and podoconiosis, Ethiopia. *Bull World Health Organ.* 2017 Sep 1;95(9):652-656. doi: 10.2471/BLT.16.189399.
21. El Setouhy M, Ramzy RM. Lymphatic filariasis in the Eastern Mediterranean Region: current status and prospects for elimination. *East Mediterr Health J.* 2003 Jul;9(4):534-41.
22. Endale A, Michlmayr D, Abegaz WE, Asebe G, Larrick JW, Medhin G, Legesse M. Community-based sero-prevalence of chikungunya and yellow fever in the South Omo Valley of Southern Ethiopia. *PLoS Negl Trop Dis.* 2020 Sep 3;14(9):e0008549. doi: 10.1371/journal.pntd.0008549.
23. Failloux AB. Les moustiques vecteurs d'arbovirus: une histoire sans fin. *Biol Aujourd'hui.* 2018;212(3-4):89-99. doi: 10.1051/jbio/2018026.
24. Faulde MK, Ahmed AA. Haematophagous vector monitoring in Djibouti city from 2008 to 2009: first records of *Culex pipiens* ssp. *torridus* (IGLISCH), and *Anopheles sergentii* (theobald). *J Egypt Soc Parasitol.* 2010 Aug;40(2):281-94.
25. Faulde MK, Rueda LM, Khaireh BA. First record of the Asian malaria vector *Anopheles stephensi* and its possible role in the resurgence of malaria in Djibouti, Horn of Africa. *Acta Trop.* 2014 Nov;139:39-43. doi: 10.1016/j.actatropica.2014.06.016.
26. Faulde MK, Spiesberger M, Abbas B. Sentinel site-enhanced near-real time surveillance documenting West Nile virus circulation in two *Culex* mosquito species indicating different transmission characteristics, Djibouti City, Djibouti. *J Egypt Soc Parasitol.* 2012 Aug;42(2):461-74. doi: 10.12816/0006332.
27. Fourié T, Dia A, Savreux Q, Pommier de Santi V, de Lamballerie X, Leparco-Goffart I, Simon F. Emergence of Indian lineage of ECSA chikungunya virus in Djibouti, 2019. *Int J Infect Dis.* 2021 Jul;108:198-201. doi: 10.1016/j.ijid.2021.03.090.
28. Fox E, Bouloumie J, Olson JG, Tible D, Lluberas M, Shakib SO, Parra JP, Roudier G. *Plasmodium falciparum* voyage en train d'Éthiopie à Djibouti. *Med Trop (Mars).* 1991 Apr-Jun;51(2):185-9.
29. Fraser KJ, Cibrelus L, Horton J, Kodama C, Staples JE, Gaythorpe KA. Yellow fever outbreak potential in Djibouti, Somalia and Yemen. *medRxiv.* 2024;2024.08.07.24311590.
30. Govoetchan R, Ibrahim MM, Sovi A, Omar HM, Boulhan AO, Darar HY. *Anopheles stephensi*: The emerging vector of malaria in the Republic of Djibouti, Horn of Africa. *Int J Biosci IJB.* 2023;22(1):8-17. doi: 10.12692/ijb/22.1.8-17.
31. Grills A, Morrison S, Nelson B, Miniota J, Watts A, Cetron MS. Projected Zika Virus Importation and Subsequent Ongoing Transmission after Travel to the 2016 Olympic and Paralympic Games - Country-Specific Assessment, July 2016. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2016 Jul 22;65(28):711-5. doi: 10.15585/mmwr.mm6528e1.
32. Huerre M, Camprasse MA, Laille M. Problèmes posés par les épidémies de dengue. L'exemple des foyers d'Océanie. Situation mondiale actuelle et dans les DOM-TOM. *Médecine Mal Infect.* 1995 May;25:688-95. doi: 10.1016/S0399-077X(05)80880-7.
33. Iriart X, Menard S, Chauvin P, Mohamed HS, Charpentier E, Mohamed MA, Berry A, Aboubaker MH. Misdiagnosis of imported falciparum malaria from African areas due to an increased prevalence of pfrhp2/pfrhp3 gene deletion: the Djibouti case. *Emerg Microbes Infect.* 2020 Dec;9(1):1984-1987. doi: 10.1080/22221751.2020.1815590.
34. Javelle E, de Laval F, Durand GA, Dia A, Ficko C, Bousquet A, Delaune D, Briolant S, Mérens A, Brossier C, Pommier H, Gala F, Courtiol A, Savreux Q, Sicard S, Sanchez JP, Robin F, Simon F, de Lamballerie X, Grard G, Leparco-Goffart I, de Santi VP. Chikungunya Outbreak in Country with Multiple Vectorborne Diseases, Djibouti, 2019-2020. *Emerg Infect Dis.* 2023 Apr;29(4):826-830. doi: 10.3201/eid2904.221850.
35. Jentes ES, Poumerol G, Gershman MD, Hill DR, Lemarchand J, Lewis RF, Staples JE, Tomori O, Wilder-Smith A, Monath TP; Informal WHO Working Group on Geographic Risk for Yellow Fever. The revised global yellow fever risk map and recommendations for vaccination, 2010: consensus of the Informal WHO Working Group on Geographic Risk for Yellow Fever. *Lancet Infect Dis.* 2011 Aug;11(8):622-32. doi: 10.1016/S1473-3099(11)70147-5. Erratum in: *Lancet Infect Dis.* 2012 Feb;12(2):98.
36. Jinzhe M, Yufeng L, Zhijian Z, Xiaowen F, Fenxiang L, Qi C, Huancheng Y, Chengsong W. Whole genome sequence characteristics of 13 dengue virus serotype 2 strains isolated from Guangzhou in 2023. *China Trop Med.* 2025;25(1):110-6. doi: 10.13604/j.cnki.46-1064/r.2025.01.18.
37. Khaireh BA. Étude du paludisme dans les zones de faible transmission: vers la pré-élimination du paludisme à Djibouti. Thèse de doctorat. Université Aix-Marseille; 2012.
38. Khaireh BA, Assefa A, Guessed HH, Basco LK, Khaireh MA, Pascual A, Briolant S, Bouh SM, Farah IH, Ali HM, Abdi AI, Aden MO, Abdillahi Z, Aye SN, Darar HY, Koeck JL, Rogier C, Pradines B, Bogreau H. Population genetics analysis during the elimination process of *Plasmodium falciparum* in Djibouti. *Malar J.* 2013 Jun 13;12:201. doi: 10.1186/1475-2875-12-201.
39. Khaireh BA, Briolant S, Pascual A, Mokrane M, Machault V, Travaillé C, Khaireh MA, Farah IH, Ali HM, Abdi AI, Aye SN, Darar HY, Ollivier L, Waiss MK, Bogreau H, Rogier C, Pradines B. *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* infections in the Republic of Djibouti: evaluation of their prevalence and potential determinants. *Malar J.* 2012 Nov 28;11:395. doi: 10.1186/1475-2875-11-395.
40. Kohagne Tongue L, Njayou Ngapagna A. Emerging Vector-Borne Diseases in Central Africa: A Threat to Animal Production and Human Health. *Vector-Borne Diseases - Recent Developments in Epidemiology and Control.* IntechOpen; 2020. doi: 10.5772/intechopen.89930.
41. Komar N, Langevin S, Hinten S, Nemeth N, Edwards E, Hettler D, Davis B, Bowen R, Bunning M. Experimental infection of North American birds with the New York 1999 strain of West Nile virus. *Emerg Infect Dis.* 2003 Mar;9(3):311-22. doi: 10.3201/eid0903.020628.
42. Laval F (de), Dia A, Plumet S, Decam C, Leparco Goffart I, Deparis X. Dengue surveillance in the French armed forces: a dengue sentinel surveillance system in countries without efficient local epidemiological surveillance. *J Travel Med.* 2013 Jul-Aug;20(4):259-61. doi: 10.1111/j.1708-8305.2012.00674.x.
43. Laval F (de), Plumet S, Simon F, Deparis X, Leparco-Goffart I. Dengue surveillance among French military in Africa. *Emerg Infect Dis.* 2012 Feb;18(2):342-3. doi: 10.3201/eid1802.111333.
44. Le Gonidec E, Maquart M, Duron S, Savini H, Cazajous G, Vidal PO, Chenilleau MC, Roseau JB, Benois A, Dehan C, Kugelmann J, Leparco-Goffart I, Védy S. Clinical Survey of Dengue Virus Circulation in the Republic of Djibouti between 2011 and 2014 Identifies Serotype 3 Epidemic and Recommends Clinical Diagnosis Guidelines for Resource Limited Settings. *PLoS Negl Trop Dis.* 2016 Jun 20;10(6):e0004755. doi: 10.1371/journal.pntd.0004755.
45. Lourenço-de-Oliveira R, Vazeille M, de Filippis AM, Failloux AB. *Aedes aegypti* in Brazil: genetically differentiated populations with high susceptibility to dengue and yellow fever viruses. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 2004 Jan;98(1):43-54. doi: 10.1016/s0035-9203(03)00006-3.
46. Lysenko AJ, Beljaev AE. An analysis of the geographical distribution of *Plasmodium ovale*. *Bull World Health Organ.* 1969;40(3):383-94.
47. Macesic N, Hall V, Mahony A, Hueston L, Ng G, Macdonell R, Hughes A, Fitt G, Grayson ML. Acute Flaccid Paralysis: The New, The Old, and The Preventable. *Open Forum Infect Dis.* 2015 Dec 9;3(1):ofv190. doi:10.1093/ofid/ofv190. Erratum in: *Open Forum Infect Dis.* 2017 Aug 05;4(3):ofx019. doi: 10.1093/ofid/ofx019.
48. Malaguarnera L, Musumeci S. The immune response to *Plasmodium falciparum* malaria. *Lancet Infect Dis.* 2002 Aug;2(8):472-8. doi: 10.1016/s1473-3099(02)00344-4.

49. Malkinson M, Banet C. The role of birds in the ecology of West Nile virus in Europe and Africa. *Curr Top Microbiol Immunol.* 2002;267:309-22. doi: 10.1007/978-3-642-59403-8_15.
50. Manzi S, Paziienza M, Zaccaria O, Abbate V, De Santis R, Toniolo F, Fortuna C, Lista F, Pelino V, Pombi M. Preliminary sampling of mosquito vectors and pathogens in Djibouti City using a novel surveillance method based on FTA-card - (2022), p. 257. (Intervento presentato al convegno XXXII congresso della Società Italiana di Parassitologia tenutosi a Napoli).
51. Manzi S, Pombi M. Monitoring mosquito vector populations in Djibouti City: evaluation of a new sampling method based on FTA-card - ISSN 0393-5620:(2021). (Intervento presentato al convegno XII Seminar – PhD Day: Happiness is a simple system tenutosi a Virtual meeting, Roma).
52. Marié JL, Lafrance B, Maquart M, Mulot B, Leclerc A, Davoust B, Leparc-Goffart I. West Nile virus circulation in Djibouti. *Int. J. Infect. Dis.* 2016;53:158. doi: 10.1016/j.ijid.2016.11.385.
53. Meynard JB, Ollivier-Gay L, Deparis X, Durand JP, Michel R, Pages F, Matton T, Boutin JP, Tolou H, Merouze F, Baudon D. Surveillance épidémiologique de la dengue dans les armées françaises de 1996 à 1999. *Med Trop (Mars).* 2001;61(6):481-6.
54. Ministère de la Santé de Djibouti. Rapport du Plan stratégique national de lutte contre le paludisme, 2020-2024. Programme national de lutte contre le paludisme. 2020 p. 105.
55. Mohamed Abdoul-Latif F, Munzhedzi M, Mgella Zinga M, Cacciatore S, Lopez Rodas Y, Tejidor Bello D. Epidemiology of Malaria in Hospital Intensive Care in Djibouti: Analysis of the Relationship between *Plasmodium* Infection and Hematological Parameters. *J Anal Sci Appl Biotechnol.* 2024 Apr;6(1):26-32. doi: 10.48402/IMIST.PRSM/jasab-v6i1.48182.
56. Mouchet J. Prospection sur *Aedes aegypti* et les vecteurs potentiels de fièvre jaune en République démocratique somalie et dans le territoire français des Afars et des Issas. *Bull World Health Organ.* 1971;45(3):383-94.
57. Mouchet J, Carnevale P, Coosemans M, Julvez J, Manguin S, Richard-Lenoble D, Sircoulon J. Biodiversité du paludisme dans le monde. *John Libbey Eurotext Ed., Paris,* 2004, 428 p.
58. Mousa HA, Youssef N. Serological screening for some viral diseases antibodies in camel sera in Egypt. *Egypt J Agric Res.* 1998;76(2):867-74.
59. Moussa RA, Papa Mze N, Arreh HY, Hamoud AA, Alaleh KM, Omar AY, Abdi WO, Guelleh SK, Abdi AA, Aboubaker MH, Basco LK, Khaireh BA, Bogreau H. Molecular investigation of malaria-infected patients in Djibouti city (2018-2021). *Malar J.* 2023 May 3;22(1):147. doi:10.1186/s12936-023-04546-x. Erratum in: *Malar J.* 2023 May 30;22(1):168. doi: 10.1186/s12936-023-04598-z.
60. Oakley RB, Gemechu G, Gebregiorgis A, Alemu A, Zinsstag J, Paris DH, Tschopp R. Seroprevalence and risk factors for Q fever and Rift Valley fever in pastoralists and their livestock in Afar, Ethiopia: A One Health approach. *PLoS Negl Trop Dis.* 2024 Aug 23;18(8):e0012392. doi: 10.1371/journal.pntd.0012392.
61. Okiro EA, Snow RW. The relationship between reported fever and *Plasmodium falciparum* infection in African children. *Malar J.* 2010 Apr 19;9:99. doi: 10.1186/1475-2875-9-99.
62. OMS. Rapport du groupe d'experts de la fièvre jaune: Ordre du jour provisoire: Point Prog. Organisation mondiale de la Santé; 1950. Report N° A3/12.
63. OMS. Elimination of lymphatic filariasis in the Eastern Mediterranean Region. OMS; 2000. Report N° EM/RC47/9.
64. OMS. Intercountry workshop on developing a regional strategy for integrated vector management for malaria and other vector-borne diseases. Khartoum, Sudan: Organisation mondiale de la Santé; 2003. (Regional Office for the Eastern Mediterranean).
65. OMS. Progress report 2000-2009 and strategic plan 2010-2020 of the global programme to eliminate lymphatic filariasis: halfway towards eliminating lymphatic filariasis. World Health Organization; 2010.
66. OMS. Rapport de situation lutte contre le paludisme et élimination de la maladie. 2011.
67. OMS. Règlements sanitaires internationaux (2005). Troisième édition. World Health Organisation; 2016. 91 p. <https://iris.who.int/bitstream/handle/>
68. OMS. Évaluation externe conjointe des principales capacités RSI de la République de Djibouti. Organisation mondiale de la Santé & Organisation panaméricaine de la Santé; 2018 p. 53.
69. OMS. Protocole type pour la surveillance des délétions des gènes Pfhpr2/pfhpr3. 1st ed. Geneva: World Health Organization; 2020. 40 p.
70. Oxitec. The Djibouti Friendly™ Mosquito Program. A leading developer of biological solutions to control pests that transmit disease - and Association Mutualis - an expert public health not-for-profit organization in Djibouti - are working in partnership to pioneer a new solution to combat the invasive urban malaria-spreading mosquito, *Anopheles stephensi*. 2022.
71. Parker DM, Haileselassie W, Hailemariam TS, Workneh A, Workneh S, Wang X, Lee MC, Yan G. High Seroprevalence to *Aedes*-borne arboviruses in Ethiopia: a Cross-sectional Survey in 2024. *medRxiv.* 2024 Sep 26:2024.09.19.24313917. doi:10.1101/2024.09.19.24313917. Update in: *PLoS Negl Trop Dis.* 2025 Jul 28;19(7):e0013357. doi: 10.1371/journal.pntd.0013357.
72. Pommier de Santi V, Khaireh BA, Chiniard T, Pradines B, Taudon N, Larréché S, Mohamed AB, de Laval F, Berger F, Gala F, Mokrane M, Benoit N, Malan L, Abdi AA, Briolant S. Role of *Anopheles stephensi* Mosquitoes in Malaria Outbreak, Djibouti, 2019. *Emerg Infect Dis.* 2021;27(6):1697-1700. doi: 10.3201/eid2706.204557.
73. Pradines B, Mamfoumbi MM, Tall A, Sokhna C, Koeck JL, Fusai T, Mosnier J, Czarnecki E, Spiegel A, Trape JF, Kombila M, Rogier C. In vitro activity of tafenoquine against the asexual blood stages of *Plasmodium falciparum* isolates from Gabon, Senegal, and Djibouti. *Antimicrob Agents Chemother.* 2006 Sep;50(9):3225-6. doi: 10.1128/AAC.00777-06.
74. Rapp C, Debord T, Imbert P, Roué R. Une encéphalite due à la dengue à Djibouti. *Rev Médecine Interne.* 2000;(21):595. doi: 10.1016/S0248-8663(00)90260-1.
75. Reiskind MH, Pesko K, Westbrook CJ, Mores CN. Susceptibility of Florida mosquitoes to infection with chikungunya virus. *Am J Trop Med Hyg.* 2008 Mar;78(3):422-5.
76. Rodhain F. Résultats préliminaires d'une enquête entomologique sur les vecteurs potentiels d'arboviroses dans le Territoire Français des Afars et des Issas. *Bull Soc Pathol Exot Filiales.* 1976 Mar-Apr;69(2):169-74.
77. Rodier GR, Gubler DJ, Cope SE, Cropp CB, Soliman AK, Polycarpe D, Abdourhaman MA, Parra JP, Maslin J, Arthur RR. Epidemic dengue 2 in the city of Djibouti 1991-1992. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 1996 May-Jun;90(3):237-40. doi: 10.1016/s0035-9203(96)90228-x.
78. Rodier GR, Parra JP, Kamil M, Chakib SO, Cope SE. Recurrence and emergence of infectious diseases in Djibouti city. *Bull World Health Organ.* 1995;73(6):755-9.
79. Rogier C, Pradines B, Bogreau H, Koeck JL, Kamil MA, Mercereau-Puijalon O. Malaria epidemic and drug resistance, Djibouti. *Emerg Infect Dis.* 2005 Feb;11(2):317-21. doi: 10.3201/eid1102.040108.
80. Roseau JB, Pradines B, Paleiron N, Vedy S, Madamet M, Simon F, Javelle E. Failure of dihydroartemisinin plus piperazine treatment of falciparum malaria by under-dosing in an overweight patient. *Malar J.* 2016 Sep 20;15:479. doi: 10.1186/s12936-016-1535-8.
81. Salah S, Fox E, Abbate EA, Constantine NT, Asselin P, Soliman AK. A negative human serosurvey of haemorrhagic fever viruses in Djibouti. *Ann Inst Pasteur Virol.* 1988 Oct-Dec;139(4):439-42. doi: 10.1016/s0769-2617(88)80079-0.
82. Santis O (de), Bouscaren N, Flahault A. Asymptomatic dengue infection rate: A systematic literature review. *Heliyon.* 2023 Sep 16;9(9):e20069. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e20069.
83. Simon F, Houzé B, de Pina JJ, Hovette P. F-01 Dengue en République de Djibouti: Étude hospitalière rétrospective de 46 cas prouvés. *Med Mal Infect.* 2004;(34):S156. <https://www.em-consulte.com/article/31565/f-01>.
84. Singh B, Kim Sung L, Matusop A, Radhakrishnan A, Shamsul SS, Cox-Singh J, Thomas A, Conway DJ. A large focus of naturally acquired *Plasmodium knowlesi* infections in human beings. *Lancet.* 2004 Mar 27;363(9414):1017-24. doi: 10.1016/S0140-6736(04)15836-4.
85. Sinka ME, Pironon S, Massey NC, Longbottom J, Hemingway J, Moyes CL, Willis KJ. A new malaria vector in Africa: Predicting the expansion range of *Anopheles stephensi* and identifying the urban populations at risk. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2020 Oct 6;117(40):24900-24908. doi: 10.1073/pnas.2003976117.

-
86. Souleiman Y, Ismail L, Eftimie R. Modeling and investigating malaria *P. falciparum* and *P. vivax* infections: Application to Djibouti data. *Infect Dis Model.* 2024 Jun 16;9(4):1095-1116. doi: 10.1016/j.idm.2024.06.003.
87. Stahlman SL, Langton RS. Surveillance snapshot: chikungunya in service members of the U.S. Armed Forces, 2016-2022. *MSMR.* 2023 Dec 20;30(12):11.
88. The Armed Forces Pest Management Board, Office of the Assistant Secretary of Defense for Sustainment. *Vector Ecology Profile.* 2021.
89. Tolou HJG, Couissinier-Paris P, Durand JP, Mercier V, de Pina JJ, de Micco P, Billoir F, Charrel RN, de Lamballerie X. Evidence for recombination in natural populations of dengue virus type 1 based on the analysis of complete genome sequences. *J Gen Virol.* 2001 Jun;82(Pt 6):1283-1290. doi: 10.1099/0022-1317-82-6-1283.
90. United Nations Development Programme. *Djibouti World Malaria Day.* 2022.
91. *Uniting to Combat NTDs. Djibouti and neglected tropical diseases.* 2016.
92. Zayed A, Moustafa M, Tageldin R, Harwood JF. Effects of Seasonal Conditions on Abundance of Malaria Vector *Anopheles stephensi* Mosquitoes, Djibouti, 2018-2021. *Emerg Infect Dis.* 2023 Apr;29(4):801-805. doi: 10.3201/eid2904.220549.
-