

SANTÉ PUBLIQUE/PUBLIC HEALTH

Risque d'émergence de maladies arbovirales transmises par les moustiques au Maroc : revue bibliographique

Risk of emergence of mosquito-borne arboviral diseases in Morocco: literature review

Samya JDIAA*, Hanan HAZYOUN, Moulay Anass LOUAH, Oumnia HIMMI

RÉSUMÉ **Introduction.** L'émergence des arbovirus (virus transmis par les arthropodes) figure aujourd'hui parmi les plus grands problèmes de santé au monde. La mondialisation des échanges et des voyages ainsi que l'urbanisation sauvage de nombreuses villes ont créé des conditions propices à l'établissement de moustiques vecteurs offrant des possibilités d'introduction d'arbovirus.

Méthode. Dans cette revue, nous résumons les données historiques et récentes sur la situation des maladies transmises par les arthropodes et leurs vecteurs au Maroc.

Résultats. Il existe un risque d'émergence et d'épidémies au Maroc en raison de la circulation récente du virus du Nil occidental parmi les équidés et les oiseaux selon les études séroépidémiologiques, ainsi que dans les populations de moustiques *Culex*. L'introduction de nouvelles espèces de moustiques invasives telles que *Aedes albopictus*, vecteur de la dengue, du Zika et du chikungunya, exacerbe encore ce risque. Une quinzaine d'espèces de moustiques, vecteurs de transmission d'agents pathogènes pour les humains et les animaux, ont été signalées au Maroc.

Conclusion. La compréhension des épidémies d'arboviroses et de la transmission des virus nécessite une étude préalable des moustiques vecteurs, pour une appréhension globale du risque actuel auquel notre pays est confronté et pour une bonne préparation face aux menaces futures.

Mots clés : Maladies à transmission vectorielle, Arbovirus, Culicidae, Risques d'émergence, Maroc, Afrique du Nord

ABSTRACT **Introduction.** The emergence of arboviruses, or viruses transmitted by arthropods, is now one of the world's biggest health problems. The globalization of trade and travel, coupled with uncontrolled urbanization in many cities, has created ideal conditions for mosquito vectors to establish themselves and introduced opportunities for arboviruses to spread.

Method. In this review, we summarize historical and recent data on arthropod-borne diseases and their vectors in Morocco.

Results. According to seroepidemiological studies there is a risk of emergence and epidemics in Morocco due to the recent circulation of West Nile virus among equids and birds as well as in populations of *Culex* mosquitoes. The introduction of new invasive mosquito species, such as *Aedes albopictus* (a vector of dengue, Zika, and chikungunya), further exacerbates this risk. About fifteen mosquito species as vectors for transmitting pathogens to humans and animals have been reported in Morocco.

Conclusion. In order to understand arbovirus epidemics and virus transmission, it is necessary to study mosquito vectors first, in order to gain a comprehensive awareness of the current risk facing our country and to be well prepared for future threats.

Key Words: Vector-borne diseases, Arboviruses, Culicidae, Risk of emergence, Morocco, North Africa

Introduction

Les moustiques ont une répartition mondiale et sont les vecteurs de plusieurs arbovirus (virus transmis par les arthropodes) qui infectent les humains et les animaux [2]. Les principaux virus transmis par les moustiques appartiennent à trois familles: Flaviviridae (virus du Nil occidental, virus de la dengue, virus de la fièvre jaune), Togaviridae (virus du chikungunya, virus O'nyong-Nyong) et Phenuiviridae (virus de la fièvre de la vallée du Rift) [1,2].

Plus de 700 millions d'infections annuelles dans le monde et près d'un million de décès sont directement liés aux maladies à transmission vectorielle [68,97]. En Afrique, ces infections représentent un risque majeur: 271 millions de personnes (23 % de la population) sont exposées au chikungunya, 750 millions (63 %) à la dengue, 21 millions (2 %) à la fièvre jaune et 406 millions (34 %) au virus Zika. Au total, 831 millions d'Africains (70 %) vivent dans des zones à risque pour au moins l'une de ces maladies [95].

Le virus du Nil occidental (VNO) dont la présence a été évoquée dès 1982 a été isolé pour la première fois au Maroc en 1996 et a été responsable de trois épizooties équine [35]. En 2008, une enquête sérologique sur les oiseaux sauvages a confirmé la circulation du VNO au Maroc [43] et en 2012, la première infection humaine par le VNO a été documentée par des preuves sérologiques [37]. Plus récemment, d'autres arbovirus tels que les virus de la dengue et du chikungunya ont été identifiés chez des patients marocains ayant séjourné respectivement en Côte d'Ivoire et au Bangladesh [10,11].

Compte tenu de sa situation géographique, de son climat et de son exposition à la mondialisation des échanges et des voyages (notamment avec l'Europe et l'Afrique subsaharienne), le Maroc constitue une zone à haut risque pour l'émergence ou la réémergence d'agents pathogènes (Fig. 1). Cette situation favorise également la propagation rapide des insectes vecteurs, exposant ainsi une grande partie de la population à ces menaces sanitaires [45,73].

Cette étude vise à identifier les principaux arbovirus d'importance pour la santé humaine au Maroc et leurs vecteurs épidémiques, ainsi que les conditions favorisant leur émergence.

Introduction

Mosquitoes are found worldwide and transmit several arboviruses (arthropod-borne viruses) to humans and animals [2]. The main viruses transmitted by mosquitoes belong to three families: Flaviviridae (West Nile virus, dengue virus, yellow fever virus), Togaviridae (e.g., chikungunya virus and O'nyong-nyong virus), and Phenuiviridae (e.g., Rift Valley fever virus) [1,2].

Each year, more than 700 million infections and nearly one million deaths worldwide are directly linked to vector-borne diseases [68,97]. These infections pose a major risk in Africa: 271 million people (23% of the population) are exposed to chikungunya, 750 million (63%) to dengue, 21 million (2%) to yellow fever and 406 million (34%) to the Zika virus. In all, 831 million Africans (70%) live in areas at risk from at least one of these diseases [95].

The West Nile virus (WNV), first reported in 1982, was first isolated in Morocco in 1996 and caused three equine epizootics [35]. In 2008, a serological survey of wild birds confirmed the presence of WNV in Morocco [43], and in 2012, the first human WNV infection was documented through serological evidence [37]. Recently, other arboviruses, such as the dengue and chikungunya viruses, have been identified in Moroccan patients who had traveled to Côte d'Ivoire and Bangladesh, respectively [10,11].

Due to its geographical location, climate, and exposure to the globalization of trade and travel (particularly with Europe and sub-Saharan Africa), Morocco is a high-risk area for the emergence or reemergence of pathogens (Fig. 1). This situation also favors the rapid spread of insect vectors, thereby exposing much of the population to these health threats [45,73].

The aim of this study is to identify the main arboviruses that pose a threat to human health in Morocco, as well as their epidemic vectors and the conditions that favor their emergence.

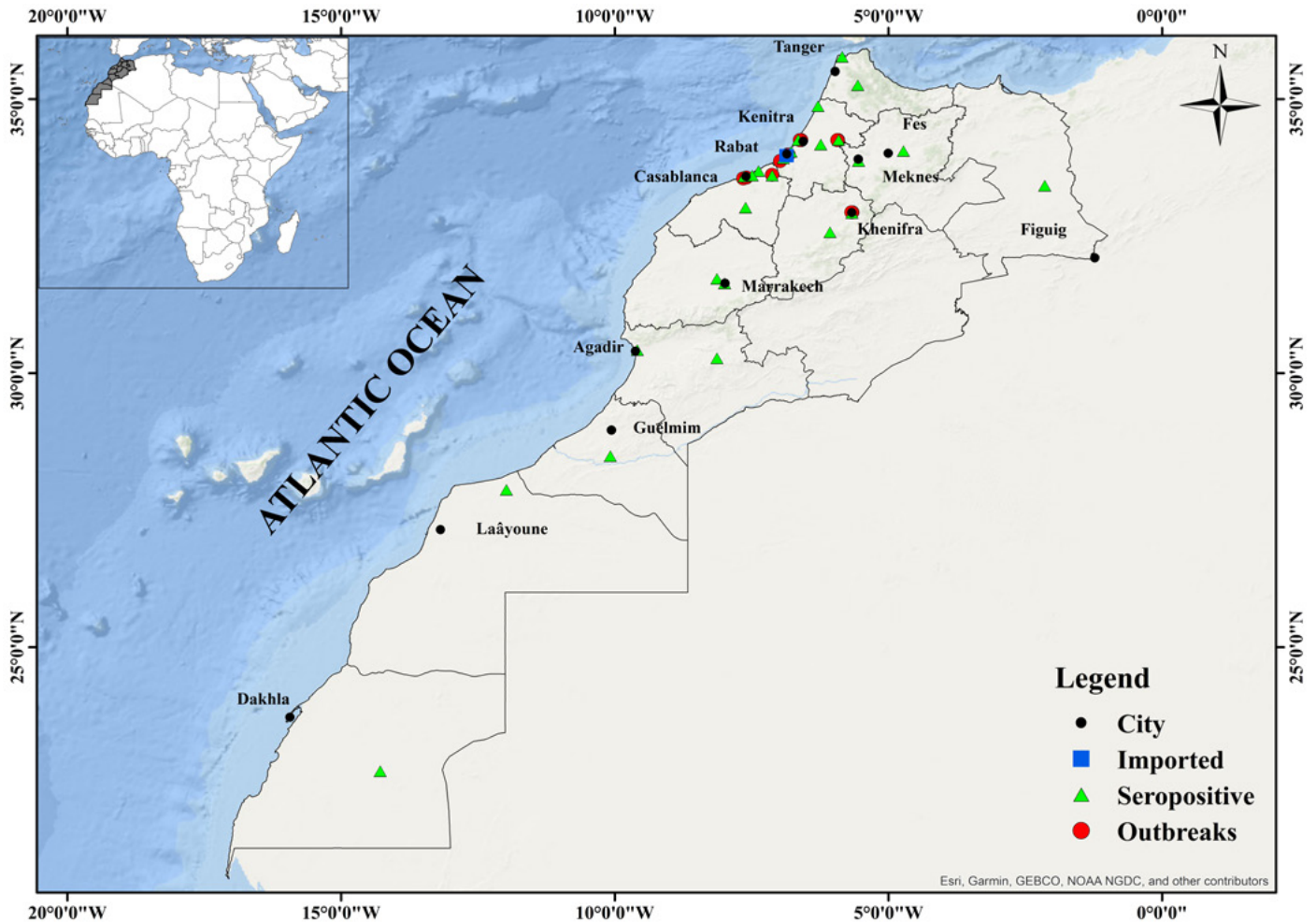


Figure 1 : Distribution géographique des arbovirus (cas importés, hôtes séropositifs, foyers) par région au Maroc depuis leur apparition

Figure 1: Geographical distribution of arboviruses (imported cases, seropositive hosts, outbreaks) by region in Morocco since their appearance

Matériel et méthodes

Les articles pertinents ont été recherchés, sélectionnés et inclus conformément aux directives du guide PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) [61,72].

Les études publiées ont été recherchées depuis l'identification des virus au Maroc jusqu'à aujourd'hui. Elles sont basées sur des recherches bibliographiques systématiques. Celles-ci incluent la base de données Culicidae of Morocco [89], qui retrace l'histoire des moustiques dans le pays de 1916 à 2017 et différents moteurs de recherche (Web of Science, Google Scholar, Scopus, Science direct, PubMed, et Organisation mondiale de la santé). Les mots-clés suivants ont été utilisés: les termes de recherche comprenaient « Maroc » et « Mosquito-borne virus, mosquito-borne diseases, MBV », ou « arbovirus » ou « West Nile virus, WNV », ou « Dengue virus, DENV », ou « Rift Valley fever virus, RVPV », ou « Chikungunya virus, CHIKV ». Ensuite, pour élargir encore le

Materials and methods

Relevant articles were searched for, selected, and included according to the PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) guidelines [61,72].

Studies published from the time the viruses were first identified in Morocco until now were searched for. They are based on systematic literature searches. Sources include the Culicidae of Morocco database [89], which traces the history of mosquitoes in the country from 1916 to 2017, as well as various search engines, such as Web of Science, Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, PubMed, and the World Health Organization. The following keywords were used: "Morocco," "mosquito-borne virus," "mosquito-borne diseases," "arbovirus," "West Nile virus," "Dengue virus," "Rift Valley fever virus," and "Chikungunya virus." To further broaden the scope of the search, the terms "vector-borne disease genus," "Africa," and "emergence" were used.

champ de notre recherche, nous avons utilisé les termes « vector-borne disease genus », « Africa » and « emergence ».

Afin de garantir l'inclusion des études les plus pertinentes, une série de critères a été utilisée (études de recherche originales, études se référant au genre des maladies transmises par vecteurs) pour les documents de conférence et les articles de journaux concernant les arbovirus transmis par les moustiques. Les études qui ne répondaient pas aux critères d'inclusion (par exemple, les doublons, l'absence d'accès au texte intégral ou la langue autre que français ou l'anglais ont été exclues. La Figure 2 donne un aperçu détaillé du processus de recherche, en soulignant les critères d'inclusion et d'exclusion utilisés dans la méthodologie de sélection des publications.

Résultats

Au total, 668 articles ont été extraits des bases de données. Après application des critères d'exclusion, 208 articles ont été retenus pour une analyse plus approfondie. Parmi ceux-ci, 52 ont été exclus car ils ne remplissaient pas les critères d'inclusion. Enfin, 97 articles portant sur l'émergence des maladies arbovirales transmises par les moustiques en tant que vecteurs ont été identifiés.

L'organigramme PRISMA illustre la méthodologie employée pour la recherche et la sélection des études relatives aux maladies arbovirales transmises par les moustiques [61,72]).

Aperçu historique des arbovirus et de leur épidémiologie actuelle au Maroc, en mettant l'accent sur leur distribution et leur vecteur

Les arbovirus représentent un problème de santé important à l'échelle mondiale et pourraient devenir un problème de santé publique important au Maroc.

Au total, 43 espèces de moustiques ont été signalées dans ce pays [91]. Parmi elles, 14 Culicinae ont été confirmées comme vecteurs potentiels pour la transmission d'agents pathogènes aux humains et/ou aux animaux [90]. Le Tableau I présente un résumé des principaux arbovirus et de leurs vecteurs identifiés entre 1996 et 2023.

To ensure the most relevant studies were included, we used a series of criteria (original research studies and studies referring to the genus of vector-borne diseases) for conference papers and journal articles on mosquito-borne arboviruses. Studies that did not meet the inclusion criteria (e.g., duplicates, lack of access to the full text, or a language other than French or English) were excluded. Figure 2 provides a detailed overview of the search process, highlighting the inclusion and exclusion criteria used in the publication selection methodology.

Results

A total of 668 articles were extracted from the databases. After applying the exclusion criteria, 208 articles were chosen for further analysis. Of those, 52 were excluded because they did not meet the inclusion criteria. Ultimately, 97 articles on the emergence of arboviral diseases transmitted by mosquito vectors were identified.

The PRISMA flowchart illustrates the methodology used to search for and select these studies [61,72].

Historical overview of arboviruses and their current epidemiology in Morocco, with emphasis on their distribution and vectors

Arboviruses are a major global health problem and could become a significant public health issue in Morocco.

A total of 43 mosquito species have been reported in Morocco [91]. Fourteen of these species have been confirmed as potential vectors for transmitting pathogens to humans and/or animals [90]. Table I summarizes the main arboviruses and their vectors identified between 1996 and 2023.

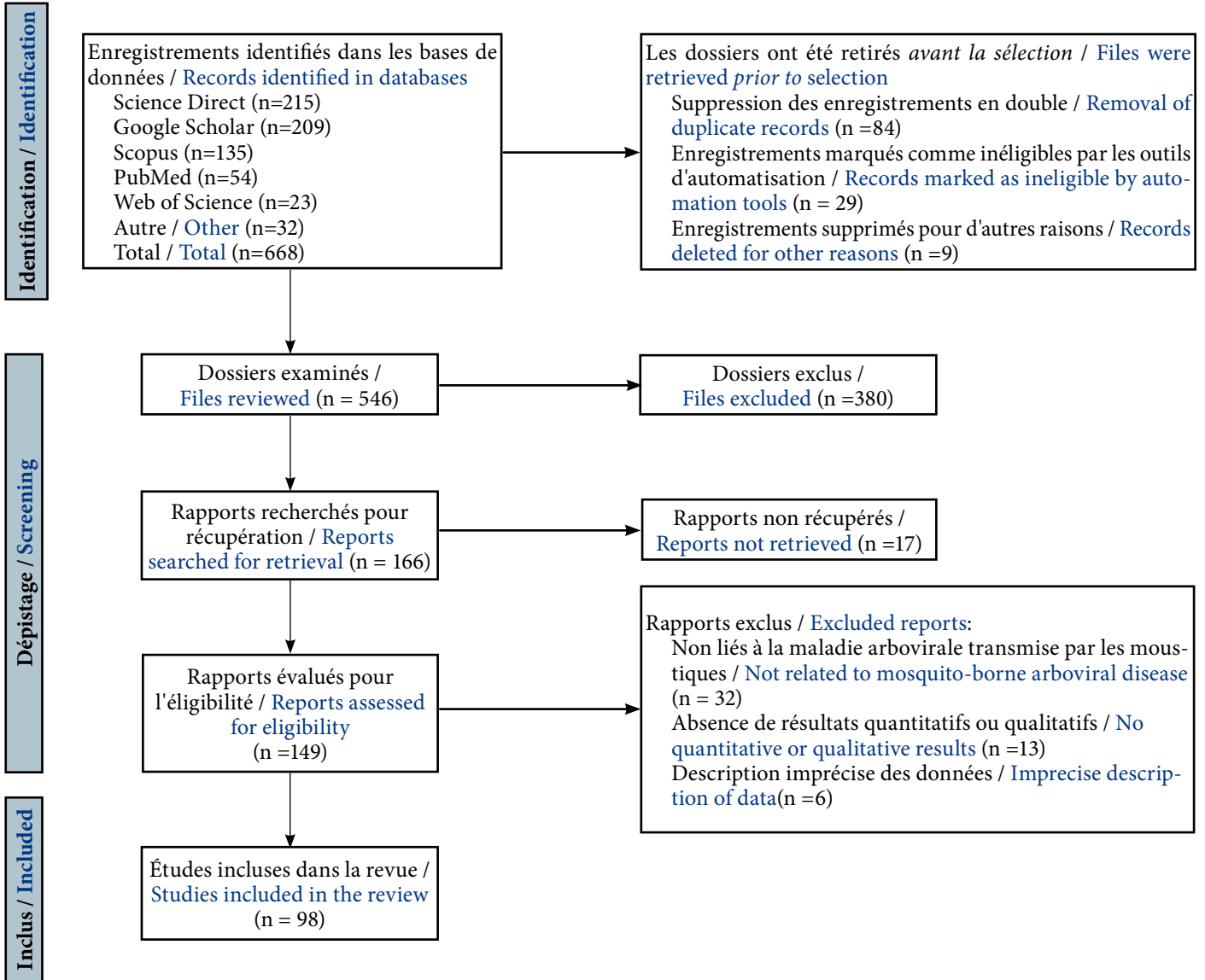


Figure 2 : Identification des études par le biais de bases de données et de registres
Figure 2: Identification of studies through databases and registers

Tableau I: Aperçu historique des arbovirus et de leur situation épidémiologique actuelle au Maroc, en mettant l'accent sur leur distribution et leurs vecteurs
Table I: Historical overview of arboviruses and their current epidemiological situation in Morocco, with emphasis on their distribution and vectors

Famille / Family	Genre / Genus	Nom de la maladie / Disease name	Hôtes amplificateurs / Amplifying hosts	Année / Year	Histoire au Maroc / History in Morocco	Spécimen / Specimen	Localités / Locations	Vecteur principal / Main vector	Références / References
Phenuiviridae	<i>Phlebovirus</i>	Fièvre de la vallée du Rift (FVR) / Rift Valley fever (RVF)	Bovins, ovins, chameaux / Cattle, sheep, camels		Au Maroc, la FVR n'a pas été enregistrée, mais le virus est toujours présent aux frontières du pays avec la Mauritanie / In Morocco, RVF has not been recorded, but the virus is still present at the country's borders with Mauritania		-	<i>Cx. pipiens</i> , <i>Ae. vexans</i>	7, 21, 44, 52, 56, 89
Flaviviridae	<i>Orthoflavivirus</i>	Virus du Nil occidental (VNO) / West Nile virus (WNV)	Oiseaux / Birds	1996	Le premier rapport sur le VNO / First report on WNV	Chevaux, humains / Horses, humans	La zone côtière atlantique du nord-ouest du Maroc comprend les villes suivantes : Rabat, Kénitra, Khénifra, Benslimane et Sidi Slimane, ainsi que Casablanca / The Atlantic coastal zone of northwest Morocco includes the following cities: Rabat, Kénitra, Khénifra, Benslimane and Sidi Slimane, as well as Casablanca	<i>Cx. pipiens</i> , <i>Ae. caspius</i> , <i>Ae. detritus</i> , <i>Ae. vexans</i> , <i>Ae. aegypti</i> , <i>Cx. modestus</i> , <i>Cx. mimeticus</i> , <i>Cx. perexiguus</i> , <i>Cx. theileri</i> , <i>Cx. impudicus</i> , <i>Cq. richiardii</i> , <i>Or. pulcripalpis</i>	6, 8, 9, 18, 32, 35, 37, 38, 39, 43, 48, 52, 83, 89
				2003	Réémergence du VNO / Re-emergence of WNV	Chevaux / Horses	Kenitra, Khenifra, Benslimane, Sidi Slimane, Casablanca		32, 83
				2008	Circulation du VNO au Maroc / Circulation of WNV in Morocco	Oiseaux sauvages / Wild birds	Province / Province Sidi Allal Tazi Sidi Kacem		43
				2010	Réémergence du VNO / Re-emergence of WNV	Chevaux / Horses	Régions / Regions Kenitra, Khenifra, Benslimane, Sidi Slimane, Casablanca		32, 37
				2012	Un test sérologique / A serological test	Humains (cas humains confirmés), Le VNO chez 11,8 % de 499 personnes en bonne santé / Humans (confirmed human cases), WNV in 11.8% of 499 healthy individuals	Régions / Regions Meknès, Rabat et Kénitra		37
				2016	Séroprévalence / Seroprevalence	Chevaux et chiens / Horses and dogs	Agadir, Benslimane, Casablanca, Kenitra, Khenifra, Marrakech, Meknès, Salé, Sidi Slimane, Temara		32

Famille / Family	Genre / Genus	Nom de la maladie / Disease name	Hôtes amplificateurs / Amplifying hosts	Année / Year	Histoire au Maroc / History in Morocco	Spécimen / Specimen	Localités / Locations	Vecteur principal / Main vector	Références / References
Flaviviridae	<i>Orthoflavivirus</i>	Virus du Nil occidental (VNO) / West Nile virus (WNV)	Oiseaux / Birds	2017	Séroprévalence / Seroprevalence	Chevaux, le VNO chez 31 % des 840 chevaux / Horses, WNV in 31% of 840 horses	Plateaux atlantiques du Gharb et de la région pré-Rif, Région des plaines et plateaux du Nord Atlas, Montagnes de l'Atlas et région pré-Atlas, Plaines et plateaux de la région orientale / Atlantic plateaus of Gharb and pre-Rif region, North Atlas plains and plateaus, Atlas mountains and pre-Atlas region, Eastern plains and plateaus	<i>Cx. pipiens</i> , <i>Ae. caspius</i> , <i>Ae. detritus</i> , <i>Ae. vexans</i> , <i>Ae. aegypti</i> , <i>Cx. modestus</i> , <i>Cx. mimeticus</i> , <i>Cx. perexiguus</i> , <i>Cx. theileri</i> , <i>Cx. impudicus</i> , <i>Cq. richiardii</i> , <i>Or. pulcripalp</i>	16
				2020	Séroprévalence / Seroprevalence	Moustiques, Chevaux / Mosquitoes, horses	Mohammedia & Casablanca, Moulay, Tanger, Benslimane		9
				2021	Séroprévalence / Seroprevalence	Humains, Oiseaux (oiseaux sauvages ?) / Humans, Birds (wild birds?)	Casablanca		8
				2021	Séroprévalence / Seroprevalence	Chevaux / Horses	Tanger, Tétouan, Al Hoceima L'Oriental Fès, Meknès, Beni Mellal, Khénifra, Rabat, Salé, Kénitra, Casablanca, Settat, Marrakech, Safi, Souss, Massa, Guelmim, Oued Noun, Laâyoune, Sakia El Hamra Dakhla, Oued Ed Dahab, Drâa, Tafilalet (la petite population de chevaux dans cette région / the small population of horses in this region)		48
		Usutu (USUV) / Usutu (USUV)	Oiseaux servant d'hôtes amplificateurs / Birds as amplifying hosts	2016	Enquête sérologique / Serological survey	Chevaux, Chiens militaires / Horses military dogs	Agadir, Benslimane, Casablanca, Kenitra, Khenifra, Marrakech, Meknès, Salé, Sidi Slimane, Temara	<i>Cx. pipiens</i> , <i>Ae. albopictus</i> , <i>Ae. caspius</i>	3, 22, 29, 32, 78
		Dengue (DENV) / Dengue (DENV)	Primates, humains / Primates, humans	2018	Deux cas d'importation de la dengue au Maroc / Two cases of imported dengue fever in Morocco	Humains (deux patients originaires de Côte d'Ivoire, un Marocain et un Ivoirien qui ont séjourné à Abidjan pendant la période de l'épidémie de 2017) / Humans (two patients from Côte d'Ivoire, one Moroccan and one Ivorian who stayed in Abidjan during the 2017 epidemic)	Au Centre de virologie, maladies infectieuses et tropicales (CVITD) de l'Hôpital militaire Mohamed V à Rabat-Maroc / At the Center for Virology, Infectious and Tropical Diseases (CVITD) at the Mohamed V Military Hospital in Rabat, Morocco	<i>Ae. albopictus</i> <i>Ae. aegypti</i>	10, 11, 17, 64, 89

Famille / Family	Genre / Genus	Nom de la maladie / Disease name	Hôtes amplificateurs / Amplifying hosts	Année / Year	Histoire au Maroc / History in Morocco	Spécimen / Specimen	Localités / Locations	Vecteur principal / Main vector	Références / References
Flaviviridae	<i>Orthoflavivirus</i>	Zika (ZIKV) / Zika (ZIKV)	Primates, humains / Primates, humans		Aucun cas dû au ZIKV n'a été signalé dans les pays de la région de la Méditerranée occidentale / No cases due to ZIKV have been reported in countries in the Western Mediterranean Region			<i>Ae. albopictus</i> , <i>Ae. aegypti</i>	41, 49, 52, 67, 79, 90
		Fièvre jaune (YFV) / Yellow Fever (YFV)	Singes en Afrique subsaharienne, primates non humains en tant qu'hôtes réservoirs / Monkeys in sub-Saharan Africa, non-human primates as reservoir hosts		Aucun cas de YFV au Maroc / No cases of YFV in Morocco			<i>Ae. aegypti</i> , <i>Ae. albopictus</i>	6, 33, 71, 80
Idem Togaviridae	<i>Alphavirus</i>	Chikungunya (CHIKV) / Chikungunya (CHIKV)	Primates, humains / Primates, humans	2017	Premier cas importé de Chikungunya au Maroc et en Afrique du Nord / First case of Chikungunya imported into Morocco and North Africa	La patiente est retournée au Maroc le 15 août 2017, après avoir séjourné à Dhaka-Bangladesh pendant 18 mois / The patient returned to Morocco on August 15, 2017, after staying in Dhaka, Bangladesh, for 18 months	Au Centre de virologie, maladies infectieuses et tropicales (CVITD) de l'Hôpital militaire Mohamed V à Rabat-Maroc / At the Center for Virology, Infectious and Tropical Diseases (CVITD) at the Mohamed V Military Hospital in Rabat, Morocco	<i>Ae. albopictus</i> , <i>Ae. detritus</i> , <i>Ae. aegypti</i>	11, 17, 41, 49, 67, 79, 90

Virus du Nil occidental (VNO)

Le VNO est un virus de la famille des Flaviviridae (genre *Orthoflavivirus*) transmis par plusieurs genres de moustiques. Il s'agit d'un arbovirus zoonotique maintenu dans la nature dans un cycle de transmission enzootique entre les oiseaux, principalement des passereaux, et les moustiques ornithophiles du genre *Culex*. Les oiseaux contribuent à la propagation du virus et agissent comme des hôtes amplificateurs. Le VNO peut également infecter les mammifères, y compris les humains, mais ces derniers sont considérés comme des hôtes « sans issue », c'est-à-dire que même s'ils sont infectés, le niveau de virémie qu'ils produisent est insuffisant pour infecter les moustiques et donc transmettre la maladie [20].

Les infections par le VNO chez l'humain sont généralement asymptomatiques (environ 80%) [74]. Une infection déclarée peut se présenter sous la forme d'un syndrome grippal (fièvre du Nil occidental), souvent accompagné d'une éruption cutanée ou, plus rarement, sous la forme d'un syndrome neuro-invasif avec méningoencéphalite, paralysie flasque dont le taux de létalité est inférieur à 10 % (maladie neuro-invasive du Nil occidental) [23]. Environ 1 % des personnes atteintes développent des symptômes graves [74]. Le VNO a été découvert pour la première fois en 1937 dans le sang d'une femme originaire de la province ougandaise du Nil occidental qui souffrait d'une légère maladie fébrile [86]. Depuis lors, des cas sporadiques et des flambées importantes de fièvre du Nil occidental ont été signalés en Afrique, dans certaines parties de l'Europe, au Moyen-Orient, en Asie occidentale, en Australie et dans les Amériques pour la première fois en 1999 au nord puis extension au centre et au sud) [13,46,63]. Des foyers particulièrement importants ont été documentés en Grèce, en Palestine, en Roumanie, en Russie, en France et aux États-Unis [97].

Au Maroc (Tableau II), selon les informations officielles des Services vétérinaires nationaux, la maladie à VNO est apparue pour la première fois en 1996, lorsqu'une épizootie a entraîné la mort de 42 chevaux (sur 94 cas) et d'un humain [43,88]. Par la suite, en 2003, la maladie s'est déclarée chez neuf chevaux [83]. En 2010, une réapparition du virus a été observée dans le centre et le nord-ouest du pays (Mohammedia, Casablanca, Benslimane, Khemisset), avec 17 cas équinés confirmés parmi 111 cas suspects, entraînant 8 décès [16]. Depuis lors, aucun cas clinique de la maladie n'a été signalé dans le pays.

West Nile virus (WNV)

WNV is a Flaviviridae virus (*Orthoflavivirus* genus) transmitted by several mosquito genera. WNV is a zoonotic arbovirus that is maintained in nature through an enzootic transmission cycle involving birds (mainly passerines) and ornithophilic mosquitoes of the *Culex* genus. Birds contribute to the spread of the virus and act as amplifying hosts. WNV can also infect mammals, including humans. However, humans are considered “dead-end” hosts because they produce an insufficient level of viremia to infect mosquitoes and transmit the disease [20].

WNV infections in humans are usually asymptomatic (approximately 80%) [74]. Reported infections may present as a flu-like syndrome (West Nile fever), often accompanied by a rash, or more rarely, as a neuroinvasive syndrome with meningoencephalitis, flaccid paralysis, for which the case fatality rate is less than 10% (West Nile neuroinvasive disease) [23]. Approximately 1% of those infected develop severe symptoms [74]. WNV was first discovered in 1937 in the blood of a woman from the West Nile Province of Uganda who was suffering from a mild febrile illness [86]. Since then, sporadic cases and large outbreaks of West Nile fever have been reported in Africa, parts of Europe, the Middle East, Western Asia, Australia, and the Americas, with the first outbreak in North America occurring in 1999, extending to Central and South America afterwards [13,46,63]. Particularly large outbreaks have been documented in Greece, Palestine, Romania, Russia, France, and the United States [97].

According to official information from the National Veterinary Services in Morocco (Table II), WNV disease first appeared in 1996. An epizootic outbreak resulted in the deaths of 42 horses (out of 94 cases) and one human [43,88]. Subsequently, in 2003, the disease broke out in nine horses [83]. In 2010, the virus reappeared in the center and northwest regions of the country (Mohammedia, Casablanca, Benslimane, and Khemisset), resulting in eight deaths among 17 confirmed equine cases out of 111 suspected cases [16]. Since then, no clinical cases of the disease have been reported in the country. A total of seven seroepidemiological studies have been conducted in the northern region. One study was conducted in 11 of Morocco's 12 regions, revealing the circulation of WNV in 4% of 346 native wild birds tested [43], 11.8% of 499 healthy human beings [37], 60% and 62% of 49 horses and 231 military dogs tested [32]. Three surveys with horses gave 31% positive out of 840 [16], 33.7% out of 92 [9], as well as 21.8% (255 out of 1 171) [48].

Au total, sept études séro-épidémiologiques ont été menées dans la région du Nord. Une étude a également été conduite dans 11 des 12 régions du Maroc, montrant une circulation du VNO chez 4 % de 346 oiseaux sauvages indigènes testés [43], 11,8 % de 499 personnes en bonne santé [37], 60 % et 62 % des 49 chevaux et 231 chiens militaires) testés [32]. Trois enquêtes sur des chevaux ont donné 31 % positifs sur 840 [16], 33,7 % sur 92 [9] et 21,8 % (255 sur 1 171) [48].

De même, une étude entomologique a confirmé la circulation du virus parmi les populations de moustiques *Culex* dans le pays [9]. Une deuxième étude récente sur la surveillance des moustiques a confirmé la présence du virus dans les populations de *Culex* du pays [9]. Cinquante-six moustiques supplémentaires (56 *Cx. pipiens pipiens*) de la région de Marrakech-Safi ont été testés positifs au VNO. C'est la première fois que la circulation de ce virus est documentée chez les moustiques *Cx. pipiens* dans le centre du Maroc [70].

Similarly, an entomological study confirmed the virus's circulation among *Culex* mosquito populations in the country [9]. A second recent study on mosquito surveillance confirmed the presence of the virus in *Culex* populations in the country. Fifty-six additional mosquitoes (56 *Cx. pipiens pipiens*) from the Marrakech-Safi region tested positive for WNV. This is the first documented case of this virus circulating in *Cx. pipiens* mosquitoes in central Morocco [70].

Tableau II : Séroprévalence du Virus du Nil Occidental (VNO) au Maroc
Table II: Seroprevalence of West Nile Virus (WNV) in Morocco

Origine géographique / Geographical origin	Population étudiée / Population studied	Échantillons / Samples	Positivité / Positivity	Référence / Reference
Sidi Allal Tazi, Sidi Kacem Province	Oiseaux sauvages / Wild birds	346	4 %	43
Meknes, Rabat, Kenitra	Personnes saines / Healthy people	499	11,8 %	37
Kenitra, Khenifra, Benslimane, Sidi Slimane, Casablanca	Chevaux militaires / Military horses	49	60 %	32
	Chiens militaires / Military dogs	231	62 %	32
Plateaux atlantiques du Gharb, Plaines et plateaux de l'Atlas du Nord, Montagnes de l'Atlas et région pré-Atlas, plaines et plateaux de l'Oriental / Atlantic plateaus of the Gharb, Plains and plateaus of the Northern Atlas, Atlas Mountains and pre-Atlas region, plains and plateaus of the Oriental region	Chevaux / Horses	840	31 %	16
Mohammedia, Moulay Bouselham, Tanger	Chevaux / Horses	92	33,7 %	9
11 (sur 12) régions du pays / 11 (out of 12) regions of the country	Chevaux / Horses	1 171	21,8 %	48

Virus de la fièvre de la vallée du Rift (VFVR)

Le VFVR est un arbovirus zoonotique qui affecte principalement les bovins, les moutons, les chèvres et les chameaux mais aussi les humains. Le VFVR appartient à la famille des Phenuiviridae, genre *Phlebovirus* [58], et a été identifié pour la première fois au Kenya en 1931 [57]. Il a été responsable de nombreuses épidémies et épizooties en Afrique, notamment en Afrique du Nord-Ouest (Mauritanie) et en Afrique de l'Ouest (Sénégal). La circulation du VFVR est restée limitée à l'Afrique jusqu'en 2000, date à laquelle les premiers cas hors du continent africain ont été rapportés en Arabie Saoudite et au Yémen [58].

Le VFVR n'a jamais été signalé au Maroc [7]. Cependant, le virus circule toujours le long des frontières communes avec la Mauritanie.

En 2010 en Mauritanie, 30 cas humains et 26 cas animaux (chèvres, moutons et dromadaires) ont été rapportés et le rôle du dromadaire (*Camelus dromedarius*) dans l'amplification locale du virus a été suggéré pour la première fois [36,42]. En 2015 puis en 2020, 31 puis 78 cas humains de FVR ont été confirmés [12,19]. Sept espèces de moustiques connues pour être des vecteurs du VFVR et appartenant à trois genres (*Culex* spp., *Aedes* spp., *Mansonia* spp.), ont été détectées en Mauritanie [12].

Le Maroc a été identifié par l'OMS comme étant à risque d'émergence de la FVR en raison de sa frontière commune avec la Mauritanie. Le potentiel de propagation du virus de la Mauritanie au Maroc, puis à l'Europe, a été reconnu dans un autre rapport de l'Autorité européenne de sécurité des aliments en 2020 [65].

Dengue (DENV)

La dengue est due au DENV (famille des Flaviviridae, genre *Orthoflavivirus*). Des épidémies de dengue ont été documentées en Afrique depuis le 19^e siècle, avec les premiers rapports venant de Zanzibar (1823, 1870), du Burkina Faso (1925), d'Égypte (1887, 1927), d'Afrique du Sud (1926-1927) et du Sénégal (1927-1928). Entre 1960 et 2010, 20 épidémies confirmées en laboratoire se sont produites dans 15 pays africains, principalement en Afrique de l'Est [4]. La dengue est transmise par les moustiques *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*, originaires respectivement d'Afrique et d'Asie. Au Maroc, le vecteur *Ae. albopictus* a récemment été identifié dans la ville de Rabat [17]. Le Maroc est déclaré non endémique pour la dengue [69,96], mais l'infection par ce

Rift Valley fever virus (RVFV)

RVFV is a zoonotic arbovirus that primarily affects cattle, sheep, goats, and camels, as well as humans. It is a member of the Phenuiviridae family, genus *Phlebovirus* [58], and was first identified in Kenya in 1931 [57]. It has caused numerous epidemics and epizootics in Africa, particularly in northwest Africa (Mauritania) and west Africa (Senegal). The circulation of RVFV remained limited to Africa until 2000, when the first cases outside of Africa were reported in Saudi Arabia and Yemen [58].

RVFV has never been reported in Morocco [7] However, the virus is still circulating along the border with Mauritania.

In 2010, Mauritania reported 30 human cases and 26 animal cases (in goats, sheep, and camels), suggesting the role of one-humped camels (*Camelus dromedarius*) in locally amplifying the virus for the first time [36,42]. In 2015 and again in 2020, 31 and 78 human cases of RVF were confirmed, respectively [12,19]. Seven mosquito species, belonging to three genera (*Culex* spp., *Aedes* spp., *Mansonia* spp.), that are known to be vectors of RVFV have been detected in Mauritania [12].

The WHO has identified Morocco as being at risk of RVF emergence due to its shared border with Mauritania. Another report by the European Food Safety Authority in 2020 recognized the potential for the virus to spread from Mauritania to Morocco and then to Europe [65].

Dengue (DENV)

Dengue is caused by the dengue virus (DENV), which belongs to the Flaviviridae family and the genus *Orthoflavivirus*. Epidemics have been documented in Africa since the 19th century, with the first reports coming from Zanzibar (1823, 1870), Burkina Faso (1925), Egypt (1887, 1927), South Africa (1926-1927), and Senegal (1927-1928). Between 1960 and 2010, 20 laboratory-confirmed epidemics occurred in 15 African countries, primarily in East Africa [4]. Dengue is transmitted by the mosquitoes *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*, which are native to Africa and Asia, respectively. In Morocco, the *Ae. albopictus* vector was recently identified in the city of Rabat [17]. Although Morocco is considered non-endemic for dengue [69,96], infection with the virus has

virus a été confirmée chez deux patients, un Marocain et un Ivoirien, tous deux provenant de Côte d'Ivoire, et qui se trouvaient à Abidjan durant l'épidémie de 2017 [10,47].

Chikungunya (CHIKV)

Le CHIKV est un *Alphavirus* (famille des *Togaviridae*) transmis par les moustiques *Aedes*. Il représente une menace pour la santé mondiale. Le virus a été isolé pour la première fois en Tanzanie en 1953 et est désormais endémique dans de nombreux pays tropicaux d'Afrique et d'Asie, avec des taux de séroprévalence atteignant 75 % [75,84]. Le virus était très probablement présent en Afrique avant 1952 et a été identifié à tort comme le virus de la dengue. La première mention possible du CHIKV en Afrique a été publiée au Caire en 1779 [26]. Un seul cas importé de chikungunya a été documenté au Maroc en 2017 : une femme de 37 ans ayant contracté l'infection lors d'un séjour de 18 mois à Dhaka (Bangladesh). Compte tenu de la présence établie du vecteur *Aedes* sur le territoire marocain, ce cas soulève un risque potentiel de transmission locale du virus. Pour cette raison, le CHIKV doit être considéré dans le diagnostic différentiel des arthralgies chez tous les voyageurs revenant de pays où la transmission du virus a été démontrée [5,10].

Zika (ZIKV)

Le ZIKV appartient au genre *Orthoflavivirus* (famille des *Flaviviridae*) [76]. Il est principalement transmis par *Ae. aegypti* [82] et *Ae. albopictus* [53,55]. Le ZIKV a été isolé pour la première fois en 1947 chez un singe macaque (*Macaca mulatta*) utilisé comme appât dans la forêt Zika en Ouganda, et en 1964 chez l'humain, toujours en Ouganda [30,31,85]. En 1969, le virus Zika (ZIKV) s'est propagé en Asie tropicale, atteignant des pays tels que l'Inde, l'Indonésie, la Malaisie et le Pakistan [40,50]. D'autres cas sont apparus en 2007 sur l'île de Yap, dans les États fédérés de Micronésie [54]. Le virus a également provoqué des flambées en Polynésie française en 2013 et 2014, entraînant environ 19 000 cas suspects [25]. Au Brésil, le premier cas de ZIKV a été signalé en 2013 et, en 2015, il s'est propagé aux États de Pernambuco, Rio Grande do Norte et Bahia dans la région du Nord-Est, suivis par d'autres zones dans les régions du Centre-Ouest et du Sud-Est [24,66]. En 2016, le ZIKV avait atteint la plupart des États du Brésil, à quelques exceptions près dans des zones reculées de l'Amazonie et dans les régions les plus méridionales. Le 1^{er} février

been confirmed in two patients: one Moroccan and one Ivorian from Côte d'Ivoire who were in Abidjan during the 2017 epidemic [10,47].

Chikungunya (CHIKV)

CHIKV is an *Alphavirus* (family *Togaviridae*) transmitted by *Aedes* mosquitoes. It poses a threat to global health. First isolated in Tanzania in 1953, the virus is now endemic in many tropical countries in Africa and Asia, with seroprevalence rates reaching 75% [75,84]. It was most likely present in Africa before 1952, when it was mistakenly identified as dengue virus. The earliest known mention of CHIKV in Africa was published in Cairo in 1779 [26]. In 2017, Morocco documented a single imported case of chikungunya: a 37-year-old woman who contracted the infection during an 18-month stay in Dhaka, Bangladesh. Given the established presence of the *Aedes* vector in Morocco, this case raises the risk of local virus transmission. For this reason, CHIKV should be considered in the differential diagnosis of arthralgia in all travelers returning from countries where the virus is transmitted [5,10].

Zika (ZIKV)

ZIKV belongs to the genus *Orthoflavivirus* in the *Flaviviridae* family [76]. It is primarily spread by *Ae. aegypti* [82] and *Ae. albopictus* [53,55]. ZIKV was first isolated in 1947 in a macaque monkey (*Macaca mulatta*) used as bait in the Zika Forest in Uganda, and in 1964 in humans, also in Uganda [30,31,85]. In 1969, ZIKV spread to tropical Asia, reaching countries such as India, Indonesia, Malaysia, and Pakistan [40,50]. Additional cases emerged in 2007 on Yap Island in the Federated States of Micronesia [54]. The virus caused outbreaks in French Polynesia in 2013 and 2014, resulting in approximately 19,000 suspected cases [25]. The first case of ZIKV in Brazil was reported in 2013. In 2015, it spread to the states of Pernambuco, Rio Grande do Norte, and Bahia in the Northeast region. Then, it spread to other areas in the Central-West and Southeast regions [24,66]. By 2016, ZIKV had reached most Brazilian states, with a few exceptions in remote Amazonian areas and the southernmost regions. On February 1, 2016, the World Health Organization (WHO) declared the Zika virus pandemic a public health emergency of international concern. According to the WHO, ZIKV cases have been

2016, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a déclaré que cette pandémie constituait une urgence de santé publique de portée internationale. Selon l'OMS, des cas de ZIKV ont été rapportés dans 86 pays [68], démontrant le fort potentiel de propagation de cet arbovirus combiné à l'expansion de ses vecteurs, notamment *Ae. (Stegomyia) aegypti*. La maladie se propage de manière explosive, 16,6 % des terres émergées de la planète (à l'exclusion de l'Antarctique) étant aujourd'hui menacées. Environ 6,22 milliards de personnes (79 % de la population mondiale) vivent dans les zones à risque, dont la grande majorité en Asie du Sud, en Afrique tropicale, en Amérique du Sud, en Amérique du Nord et dans les pays du pourtour méditerranéen [98].

Virus de la fièvre jaune (YFV)

Le virus YFV (famille des Flaviviridae, genre *Orthoflavivirus*) peut entraîner une hépatite hémorragique aiguë. La fièvre jaune est endémique dans les pays tropicaux et subtropicaux d'Afrique et d'Amérique du Sud [62], mais elle peut également survenir dans les régions tempérées [81]. Malgré l'existence d'un vaccin vivant atténué contre la fièvre jaune (17D) efficace, selon l'OMS environ 200 000 cas de fièvre jaune et 30 000 décès sont rapportés chaque année, avec près de 90 % des cas et des décès survenant en Afrique [59]. Au Maroc, selon l'étude d'Amraoui en 2019, la transmission locale du YFV par *Ae. albopictus* récemment introduit au Maroc, est un scénario probable [5].

Virus Usutu (USUV)

Le virus Usutu (USUV) est un virus transmis par les arthropodes (arbovirus) de la famille des Flaviviridae (genre *Orthoflavivirus*) qui appartient au complexe des virus de l'encéphalite japonaise. Il a été isolé pour la première fois en Afrique du Sud en 1959 [28]. L'USUV et le VNO partagent de nombreuses similitudes, notamment des relations phylogénétiques étroites, des écologies comparables et une tendance à la co-circulation dans la nature [94]. L'infection humaine par l'USUV est le plus souvent asymptomatique ou ne provoque que des signes cliniques bénins. Néanmoins, des cas neuro-invasifs d'USUV chez les humains, les animaux, particulièrement les oiseaux ont été signalés en Europe [93]. L'USUV a été détecté chez *Cx. pipiens* et *Cx. perexiguus* collectés en Algérie et dans le sud de l'Espagne [14]. L'USUV a été trouvé chez d'autres espèces de moustiques telles que *Cx. pipiens* [34], *Culiseta annulata*, *Ae. albopictus*,

reported in 86 countries [68], demonstrating the high potential for this arbovirus to spread, particularly given the expansion of its vectors, notably *Ae. (Stegomyia) aegypti*. The disease is spreading explosively, and 16.6% of the world's land area (excluding Antarctica) are now at risk. Approximately 6.22 billion people (79% of the world's population) live in these areas, primarily in South Asia, tropical Africa, South America, North America, and countries bordering the Mediterranean [98].

Yellow Fever Virus (YFV)

The YFV virus (Flaviviridae family, *Orthoflavivirus* genus) can cause acute hemorrhagic hepatitis. Yellow fever is endemic in tropical and subtropical countries to tropical and subtropical regions of Africa and South America [62], but it can also occur in temperate regions [81]. Despite the existence of an effective live attenuated vaccine against yellow fever (17D), the WHO reports approximately 200,000 cases and 30,000 deaths from YF each year, nearly 90% of which occur in Africa [59]. In Morocco, Amraoui's 2019 study suggests that local transmission of YFV by *Ae. albopictus*, which was recently introduced to Morocco, is likely [5].

Usutu virus (USUV)

The Usutu virus (USUV) is an arthropod-borne virus (arbovirus) belonging to the Flaviviridae family (genus *Orthoflavivirus*) belonging to the Japanese encephalitis virus complex. It was first isolated in South Africa in 1959 [28]. USUV and WNV share many similarities, including close phylogenetic relationships, comparable ecologies, and a tendency to co-circulate in nature [94]. Human infection with USUV is most often asymptomatic or causes only mild clinical signs. However, neuroinvasive cases of USUV in humans, animals, and especially birds have been reported in Europe [93]. USUV has been detected in *Cx. pipiens* and *Cx. perexiguus* collected in Algeria and southern Spain [14]. It has also been found in other mosquito species, including *Cx. pipiens* [34], *Culiseta annulata*, *Ae. albopictus*, *Ae. japonicus* [94], *Ochlerotatus detritus*, *Oc. caspius* and *Anopheles maculipennis* s.l., which were

Ae. japonicus [94], *Ochlerotatus detritus*, *Oc. caspius* et *Anopheles maculipennis* s.l. collectés dans le nord de l'Italie [87,92]. Les deux virus ont été détectés chez des espèces locales de moustiques *Culex*, telles que *Cx. modestus* et *Cx. perexiguus*, dans les zones humides de certains pays d'Europe du Sud [51]. Une étude récente menée en Tunisie fait état de la première détection de l'USUV chez *Cx. perexiguus*. Elle a également montré qu'il existe une circulation importante du VNO et de l'USUV parmi les chevaux, ce qui est susceptible de provoquer des épidémies sporadiques à l'avenir [60].

En 2009, Figuerola a signalé que l'USUV circulait probablement au Maroc, des preuves sérologiques d'infection ayant été rapportées chez des oiseaux sauvages, bien qu'à un niveau plus faible que pour le VNO [43]. En 2012, l'exposition à l'USUV a été confirmée chez des chiens et des chevaux militaires au Maroc [32].

La plupart des vecteurs de l'USUV dans d'autres pays sont présents au Maroc selon Trari *et al.* [89], ce qui augmente le risque de l'émergence de cet arbovirus au Maroc.

La carte montre la distribution des arbovirus dans les différentes régions du Maroc depuis leur découverte et leur identification divisée en trois catégories: les foyers, les séropositifs et les importés.

Facteurs influençant la diffusion future des maladies arbovirales transmises par les moustiques au Maroc

Le changement climatique pourrait avoir un impact direct sur la bio-écologie des arthropodes vecteurs, en favorisant la prolifération, l'émergence ou la disparition de certaines espèces qui peuvent être à l'origine de l'émergence de maladies vectorielles telles que la dengue, la fièvre de la vallée du Rift, le virus du Nil occidental, le chikungunya, etc. L'étude de l'écologie des vecteurs, de la génétique des populations, de leur sensibilité aux différentes familles d'insecticides et de leur compétence vectorielle, sont donc d'un intérêt capital pour comprendre l'épidémiologie de ces maladies et assurer leur contrôle.

Conclusion

La présente revue fournit des informations sur la situation épidémiologique des arbovirus transmis par les moustiques et leurs vecteurs associés au Maroc.

collected in northern Italy [87,92]. Both viruses have been detected in local *Culex* species, such as *Cx. modestus* and *Cx. perexiguus*, in wetlands in southern Europe [51]. A recent study conducted in Tunisia reported the first detection of USUV in *Cx. perexiguus*. The study also showed significant circulation of WNV and USUV among horses, which could cause sporadic epidemics in the future [60].

In 2009, Figuerola reported that USUV was probably circulating in Morocco. Serological evidence of infection was found in wild birds, though at a lower level than WNV [43]. In 2012, exposure to USUV was confirmed in military dogs and horses in Morocco [32].

According to Trari *et al.* [89], most USUV vectors in other countries are present in Morocco, increasing the risk of this arbovirus emerging there. The map shows the distribution of arboviruses in Morocco's different regions since their discovery and identification. They are divided into three categories: outbreaks, seropositive, and imported.

Factors Influencing the Future Spread of Mosquito-Borne Arboviral Diseases in Morocco

Climate change could directly impact the bio-ecology of arthropod vectors by promoting the proliferation, emergence, or disappearance of species responsible for vector-borne diseases, such as dengue fever, Rift Valley fever, West Nile virus, and chikungunya. Therefore, studying vector ecology, population genetics, sensitivity to different families of insecticides, and vector competence is paramount to understanding the epidemiology of these diseases and ensuring their control.

Conclusion

This review summarizes the epidemiological situation of mosquito-borne arboviruses and their associated vectors in Morocco. Although no major arboviruses have been

Par ailleurs, et bien qu'aucun arbovirus majeur n'ait été identifié au Maroc (hormis les cas de FNO en 1996, 2003 et 2010 dans la région du Gharb chez les chevaux), cette synthèse a mis en évidence un nombre important d'espèces marocaines impliquées dans la transmission.

Les espèces de moustiques de la sous-famille des Culicinae se distinguent en tant que vecteurs d'agents pathogènes, notamment *Aedes* (cinq espèces), *Culex* (six espèces) et *Culiseta* (une espèce). En septembre 2015, l'introduction d'*Ae. albopictus* à Rabat a été confirmée. Depuis lors, le risque d'émergence du CHIKV et du ZIKV avec des cas autochtones reste important, en particulier dans les villes densément peuplées du Maroc.

Des études entomologiques récentes au Maroc et dans les pays d'Afrique du Nord confirment la persistance de vecteurs ou de vecteurs potentiels et attestent que le risque d'épidémies est élevé. L'insuffisance des études, notamment en entomologie, est un autre facteur susceptible d'entraver la surveillance et la prévention des arboviroses.

Contribution des auteurs et autrices

Samya JDIAA: prospection bibliographique, définition de la méthodologie et rédaction du manuscrit. Hanan HAZYOUN: rédaction du manuscrit. Moulay Anass LOUAH: correction et validation du manuscrit. Oumnia HIMMI: conception de l'étude, correction et validation du manuscrit.

Conflit d'intérêt

Aucun conflit d'intérêts n'a été déclaré.

Auteurs et autrices / Authors

Samya JDIAA* (1), Hanan HAZYOUN (1, hazyouhanane270@gmail.com), Moulay Anass LOUAH (1, mlouah@uae.ma), Oumnia HIMMI (2, oumnia.himmi@is.um5.ac.ma)

1. LESCIB URL/CNRST N°18, FS, Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, Maroc

2. Laboratoire de Géo-biodiversité et patrimoine naturel (GEOBIOL). Institut scientifique, Uni-versité Mohammed V de Rabat. Avenue Ibn Battota. BP. 703. Rabat-Agdal, Maroc

* Autrice correspondante: samya.jdiaa@etu.uae.ac.ma

identified in Morocco apart from WNF cases in the Gharb region in horses in 1996, 2003, and 2010, this summary highlights a significant number of Moroccan species involved in transmission. Mosquito species in the Culicinae subfamily are notable vectors of pathogens, including *Aedes* (five species), *Culex* (six species), and *Culiseta* (one species). In September 2015, *Ae. albopictus* was introduced in Rabat. Since then, the risk of CHIKV and ZIKV emerging with indigenous cases has remained high, particularly in Morocco's densely populated cities.

Recent entomological studies in Morocco and other North African countries confirm the presence of vectors or potential vectors, indicating a high risk of epidemics. The lack of studies, particularly in entomology, may hinder surveillance and prevention efforts.

Authors' contributions

Samya JDIAA: literature review, definition of methodology, and manuscript writing. Hanan HAZYOUN: Manuscript writing. Moulay Anass LOUAH: corrected and validated the manuscript. Oumnia HIMMI: study design and correction and validation of the manuscript.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Références / References

1. Abudurexiti A, Adkins S, Alioto D, Alkhovsky SV, Avšič-Županc T, Ballinger MJ, Bente DA, Beer M, Bergeron É, Blair CD, Briese T, Buchmeier MJ, Burt FJ, Calisher CH, Cháng C, Charrel RN, Choi IR, Clegg JCS, de la Torre JC, de Lamballerie X, Dèng F, Di Serio F, Digiaro M, Drebot MA, Duàn X, Ebihara H, Elbeaino T, Ergünay K, Fulhorst CF, Garrison AR, Gào GF, Gonzalez JJ, Groschup MH, Günther S, Haenni AL, Hall RA, Hepojoki J, Hewson R, Hú Z, Hughes HR, Jonson MG, Junglen S, Klempa B, Klingström J, Kòu C, Laenen L, Lambert AJ, Langevin SA, Liu D, Lukashevich IS, Luò T, Lu C, Maes P, de Souza WM, Marklewitz M, Martelli GP, Matsuno K, Mielke-Ehret N, Minutolo M, Mirazimi A, Moming A, Mühlbach HP, Naidu R, Navarro B, Nunes MRT, Palacios G, Papa A, Pauvolid-Corrêa A, Pawęska JT, Qiáo J, Radoshitzky SR, Resende RO, Romanowski V, Sall AA, Salvato MS, Sasaya T, Shèn S, Shí X, Shirako Y, Simmonds P, Sironi M, Song JW, Spengler JR, Stenglein MD, Sù Z, Sùn S, Táng S, Turina M, Wáng B, Wáng C, Wáng H, Wáng J, Wèi T, Whitfield AE, Zerbini FM, Zhāng J, Zhāng L, Zhāng Y, Zhang YZ, Zhāng Y, Zhou X, Zhū L, Kuhn JH. Taxonomy of the order Bunyavirales: update 2019. Arch Virol. 2019 Jul;164(7):1949-1965. doi: 10.1007/s00705-019-04253-6.

2. Agarwal A, Parida M, Dash PK. Impact of transmission cycles and vector competence on global expansion and emergence of arboviruses. *Rev Med Virol*. 2017 Aug 30. doi: 10.1002/rmv.1941.
3. Akinsulie OC, Adesola RO, Bakre A, Adebawale OO, Adeleke R, Ogunleye SC, Oladapo IP. Usutu virus: An emerging flavivirus with potential threat to public health in Africa: Nigeria as a case study. *Front Vet Sci*. 2023 Feb 16;10:1115501. doi: 10.3389/fvets.2023.1115501.
4. 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.
5. Amraoui F, Ben Ayed W, Madec Y, Faraj C, Himmi O, Btissam A, Sarih M, Failloux AB. Potential of *Aedes albopictus* to cause the emergence of arboviruses in Morocco. *PLoS Negl Trop Dis*. 2019 Feb 14;13(2):e0006997. doi: 10.1371/journal.pntd.0006997.
6. Amraoui F, Krida G, Bouattour A, Rhim A, Daaboub J, Harrat Z, Boubidi SC, Tijane M, Sarih M, Failloux AB. *Culex pipiens*, an experimental efficient vector of West Nile and Rift Valley fever viruses in the Maghreb region. *PLoS One*. 2012;7(5):e36757. doi: 10.1371/journal.pone.0036757.
7. Arsevska E, Hellal J, Mejri S, Hammami S, Marianneau P, Calavas D, Hénaux V. Identifying Areas Suitable for the Occurrence of Rift Valley Fever in North Africa: Implications for Surveillance. *Transbound Emerg Dis*. 2016 Dec;63(6):658-674. doi: 10.1111/tbed.12331.
8. Assaid N, Arich S, Ezzikouri S, Benjelloun S, Dia M, Faye O, Akarid K, Beck C, Lecollinet S, Failloux AB, Sarih M. Serological evidence of West Nile virus infection in human populations and domestic birds in the Northwest of Morocco. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*. 2021 Jun;76:101646. doi: 10.1016/j.cimid.2021.101646.
9. Assaid N, Mousson L, Moutailler S, Arich S, Akarid K, Monier M, Beck C, Lecollinet S, Failloux AB, Sarih M. Evidence of circulation of West Nile virus in *Culex pipiens* mosquitoes and horses in Morocco. *Acta Trop*. 2020 May;205:105414. doi: 10.1016/j.actatropica.2020.105414.
10. Bajjou T, Akhouad Y, Hilali F, Elkochri S, Laraoui A, Touil N, Lahlou Amine I, Mahassine F, Sekhsokh, Y. 2018. Dengue fever in Morocco: result of surveillance during the year 2017 and first imported cases. *Int J Res Med Sci*, 6, 1029. doi: 10.18203/2320-6012.ijrms20180633.
11. Bajjou T, Reggad A, Hilali F, Elkochri S, Laraoui A, Touil N, Lahlou Amine I, Sekhsokh Y, Mahassine F. 2017. Chikungunya infection confirmed in a Moroccan traveller returning from Bangladesh. *Int J Res Med Sci*, 6, 343. doi: 10.18203/2320-6012.ijrms20175746.
12. Barry Y, Elbara A, Bollahi MA, Ould El Mamy AB, Fall M, Beyit AD, Khayar MS, Demba BA, Haki ML, Faye O, Plee L, Bonbon E, Doumbia B, Arsevska E, Cêtre-Sossah C. Rift Valley fever, Mauritania, 2020: Lessons from a one health approach. *One Health*. 2022 Jun 27;15:100413. doi: 10.1016/j.onehlt.2022.100413.
13. Beasley DW, Whiteman MC, Zhang S, Huang CY, Schneider BS, Smith DR, Gromowski GD, Higgs S, Kinney RM, Barrett AD. Envelope protein glycosylation status influences mouse neuroinvasion phenotype of genetic lineage 1 West Nile virus strains. *J Virol*. 2005 Jul;79(13):8339-47. doi: 10.1128/JVI.79.13.8339-8347.2005.
14. Ben Hassine T, De Massis F, Calistri P, Savini G, BelHaj Mohamed B, Ranen A, Di Gennaro A, Sghaier S, Hammami S. First detection of co-circulation of West Nile and Usutu viruses in equids in the south-west of Tunisia. *Transbound Emerg Dis*. 2014 Oct;61(5):385-9. doi: 10.1111/tbed.12259.
15. Benjelloun A, El Harrak M, Belkadi B. West Nile Disease Epidemiology in North-West Africa: Bibliographical Review. *Transbound Emerg Dis*. 2016 Dec;63(6):e153-e159. doi: 10.1111/tbed.12341.
16. Benjelloun A, El Harrak M, Calistri P, Loutfi C, Kabbaj H, Conte A, Ippoliti C, Danzetta ML, Belkadi B. Seroprevalence of West Nile virus in horses in different Moroccan regions. *Vet Med Sci*. 2017 Sep 12;3(4):198-207. doi: 10.1002/vms3.71.
17. Bennouna A, Balenghien T, El Rhaffouli H, Schaffner F, Garros C, Gardès L, Lhor Y, Hammoumi S, Chlyeh G, Fassi Fihri O. First record of *Stegomyia albopicta* (= *Aedes albopictus*) in Morocco: a major threat to public health in North Africa? *Med Vet Entomol*. 2017 Mar;31(1):102-106. doi: 10.1111/mve.12194.
18. Blagrove MS, Sherlock K, Chapman GE, Impoinvil DE, McCall PJ, Medlock JM, Lycett G, Solomon T, Baylis M. Evaluation of the vector competence of a native UK mosquito *Ochlerotatus detritus* (*Aedes detritus*) for dengue, chikungunya and West Nile viruses. *Parasit Vectors*. 2016 Aug 15;9:452. doi: 10.1186/s13071-016-1739-3.
19. Boushab BM, Fall-Malick FZ, Ould Baba SE, Ould Salem ML, Belzaire MR, Ledib H, Ould Baba Ahmed MM, Basco LK, Ba H. Severe Human Illness Caused by Rift Valley Fever Virus in Mauritania, 2015. *Open Forum Infect Dis*. 2016 Sep 27;3(4):ofw200. doi: 10.1093/ofid/ofw200.
20. Brault AC, Savage HM, Duggal NK, Eisen RJ, Staples JE. Heartland Virus Epidemiology, Vector Association, and Disease Potential. *Viruses*. 2018 Sep 14;10(9):498. doi: 10.3390/v10090498.
21. Brustolin M, Talavera S, Nuñez A, Santamaría C, Rivas R, Pujol N, Valle M, Verdún M, Brun A, Pagés N, Busquets N. Rift Valley fever virus and European mosquitoes: vector competence of *Culex pipiens* and *Stegomyia albopicta* (= *Aedes albopictus*). *Med Vet Entomol*. 2017 Dec;31(4):365-372. doi: 10.1111/mve.12254.
22. Calzolari M, Bonilauri P, Bellini R, Albiéri A, Defilippo F, Maioli G, Galletti G, Gelati A, Barbieri I, Tamba M, Lelli D, Carra E, Cordioli P, Angelini P, Dottori M. Evidence of simultaneous circulation of West Nile and Usutu viruses in mosquitoes sampled in Emilia-Romagna region (Italy) in 2009. *PLoS One*. 2010 Dec 15;5(12):e14324. doi: 10.1371/journal.pone.0014324.
23. Campbell GL, Marfin AA, Lanciotti RS, Gubler DJ. West Nile virus. *Lancet Infect Dis*. 2002 Sep;2(9):519-29. doi: 10.1016/S1473-3099(02)00368-7.
24. Campos GS, Bandeira AC, Sardi SI. Zika Virus Outbreak, Bahia, Brazil. *Emerg Infect Dis*. 2015 Oct;21(10):1885-6. doi: 10.3201/eid2110.150847.
25. Cao-Lormeau VM, Roche C, Teissier A, Robin E, Berry AL, Mallet HP, Sall AA, Musso D. Zika virus, French polynesia, South pacific, 2013. *Emerg Infect Dis*. 2014 Jun;20(6):1085-6. doi: 10.3201/eid2006.140138.
26. Carey DE. Chikungunya and dengue: a case of mistaken identity? *J Hist Med Allied Sci*. 1971 Jul;26(3):243-62. doi: 10.1093/jhmas/xxvi.3.243.
27. Chastel C, Launay H, Bailly-Choumara H, Le Lay G, Beaucournu JC. Infections à arbovirus au Maroc : sondage sérologique chez les petits mammifères du nord du pays. *Bull Soc Pathol Exot Filiales*. 1982 Nov;75(5):466-75.
28. Clé M, Beck C, Salinas S, Lecollinet S, Gutierrez S, Van de Perre P, Baldet T, Foulongne V, Simonin Y. Usutu virus: A new threat? *Epidemiol Infect*. 2019 Jan;147:e232. doi: 10.1017/S0950268819001213.
29. Cook CL, Huang YS, Lyons AC, Alto BW, Unlu I, Higgs S, Vanlandingham DL. North American *Culex pipiens* and *Culex quinquefasciatus* are competent vectors for Usutu virus. *PLoS Negl Trop Dis*. 2018 Aug 17;12(8):e0006732. doi: 10.1371/journal.pntd.0006732.
30. Dick Gw, Kitchen Sf, Haddow Aj. Zika virus. I. Isolations and serological specificity. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 1952 Sep;46(5):509-20. doi: 10.1016/0035-9203(52)90042-4.
31. Dick GW. Zika virus. II. Pathogenicity and physical properties. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 1952 Sep;46(5):521-34. doi: 10.1016/0035-9203(52)90043-6.
32. Durand B, Haskouri H, Lowenski S, Vachieri N, Beck C, Lecollinet S. Seroprevalence of West Nile and Usutu viruses in military working horses and dogs, Morocco, 2012: dog as an alternative WNV sentinel species? *Epidemiol Infect*. 2016 Jul;144(9):1857-64. doi: 10.1017/S095026881600011X.
33. Edman JD, Strickman D, Kittayapong P, Scott TW. Female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand rarely feed on sugar. *J Med Entomol*. 1992 Nov;29(6):1035-8. doi: 10.1093/jmedent/29.6.1035.
34. Eiden M, Gil P, Ziegler U, Rakotoarivony I, Marie A, Frances B, Lambert G, Simonin Y, Foulongne V, Groschup MH, Gutierrez S, Eloit M. Emergence of two Usutu virus lineages in *Culex pipiens* mosquitoes in the Camargue, France, 2015. *Infect Genet Evol*. 2018 Jul;61:151-154. doi: 10.1016/j.meegid.2018.03.020.
35. El Harrak M, Le Guenno B, Le Gounon P. Isolement du virus West Nile au Maroc. *Virologie*. 1997;1(3):248-9.
36. El Mamy AB, Baba MO, Barry Y, Isselmou K, Dia ML, El Kory MO, Diop M, Lo MM, Thiongane Y, Bengoumi M, Puech

- L, Plee L, Claes F, de La Rocque S, Doumbia B. Unexpected Rift Valley fever outbreak, northern Mauritania. *Emerg Infect Dis.* 2011 Oct;17(10):1894-6. doi: 10.3201/eid1710.110397.
37. El Rhaffouli H, El Harrak M, Lotfi C, El Boukhrissi F, Bajjou T, Laraoui A, Hilali F, Kenfaoui M, Lahlou-Amine I. Serologic evidence of West Nile virus infection among humans, Morocco. *Emerg Infect Dis.* 2012 May;18(5):880-1. doi: 10.3201/eid1805.110826.
38. Ergünay K, Gunay F, Erisoz Kasap O, Oter K, Gargari S, Karaoglu T, Tezcan S, Cabalar M, Yildirim Y, Emekdas G, Alten B, Ozkul A. Serological, molecular and entomological surveillance demonstrates widespread circulation of West Nile virus in Turkey. *PLoS Negl Trop Dis.* 2014 Jul 24;8(7):e3028. doi: 10.1371/journal.pntd.0003028.
39. Ergünay K, Litzba N, Brinkmann A, Günay F, Sarıkaya Y, Kar S, Örsten S, Öter K, Domingo C, Erisoz Kasap Ö, Özkul A, Mitchell L, Nitsche A, Alten B, Linton YM. Co-circulation of West Nile virus and distinct insect-specific flaviviruses in Turkey. *Parasit Vectors.* 2017 Mar 20;10(1):149. doi: 10.1186/s13071-017-2087-7.
40. Fagbami AH. Zika virus infections in Nigeria: virological and seroepidemiological investigations in Oyo State. *J Hyg (Lond).* 1979 Oct;83(2):213-9. doi: 10.1017/s0022172400025997.
41. Failloux AB, Bouattour A, Faraj C, Gunay F, Haddad N, Harrat Z, Jancheska E, Kanani K, Kenawy MA, Kota M, Pajovic I, Paronyan L, Petric D, Sarih M, Sawalha S, Shaibi T, Sherifi K, Sulesco T, Velo E, Gaayeb L, Victor K, Robert V. Surveillance of Arthropod-Borne Viruses and Their Vectors in the Mediterranean and Black Sea Regions Within the MediLabSecure Network. *Curr Trop Med Rep.* 2017;4(1):27-39. doi: 10.1007/s40475-017-0101-y.
42. Faye O, Ba H, Ba Y, Freire CC, Faye O, Ndiaye O, Elgady IO, Zanutto PM, Diallo M, Sall AA. Reemergence of Rift Valley fever, Mauritania, 2010. *Emerg Infect Dis.* 2014 Feb;20(2):300-3. doi: 10.3201/eid2002.130996.
43. Figuerola J, Baouab RE, Soriguer R, Fassi-Fihri O, Llorente F, Jimenez-Clavero MA. West Nile virus antibodies in wild birds, Morocco, 2008. *Emerg Infect Dis.* 2009 Oct;15(10):1651-3. doi: 10.3201/eid1510.090340.
44. Fontenille D, Traore-Lamizana M, Diallo M, Thonnon J, Digoutte JP, Zeller HG. New vectors of Rift Valley fever in West Africa. *Emerg Infect Dis.* 1998 Apr-Jun;4(2):289-93. doi: 10.3201/eid0402.980218.
45. Guimerà R, Mossa S, Turttschi A, Amaral LA. The worldwide air transportation network: Anomalous centrality, community structure, and cities' global roles. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2005 May 31;102(22):7794-9. doi: 10.1073/pnas.0407994102.
46. Habarugira G, Suen WW, Hobson-Peters J, Hall RA, Bielefeldt-Ohmann H. West Nile Virus: An Update on Pathobiology, Epidemiology, Diagnostics, Control and "One Health" Implications. *Pathogens.* 2020 Jul 19;9(7):589. doi: 10.3390/pathogens9070589.
47. Hilali F, Anfasa F, Bajjou T, Touil N, Laraki A, Reggad M, Lahlou-Amine I, Ennibi K, Koopmans M, Martina B, Sekhsokh Y. (2019). Confirmed dengue virus imported case to Morocco. *IJID*, 79, 94–95.
48. Houoiten GH, EL Berbri I, Mahir W, Aalilouch K, Bouabid B, Zientara S, Alyakine H, El Harrak M, Fihri OF. (2021). Global Seroprevalence of West Nile Virus in Horses of Morocco. *World's Veterinary Journal*, 11(4), 549–555. doi: 10.54203/scil.2021.vwj70.
49. Hubálek Z. Mosquito-borne viruses in Europe. *Parasitol Res.* 2008 Dec;103 Suppl 1:S29-43. doi: 10.1007/s00436-008-1064-7.
50. Imperato PJ. The Convergence of a Virus, Mosquitoes, and Human Travel in Globalizing the Zika Epidemic. *J Community Health.* 2016 Jun;41(3):674-9. doi: 10.1007/s10900-016-0177-7.
51. Jansen S, Heitmann A, Lühken R, Leggewie M, Helms M, Badusche M, Rossini G, Schmidt-Chanasit J, Tannich E. *Culex torrentium*: A Potent Vector for the Transmission of West Nile Virus in Central Europe. *Viruses.* 2019 May 29;11(6):492. doi: 10.3390/v11060492.
52. Jourdain F, Samy AM, Hamidi A, Bouattour A, Alten B, Faraj C, Roiz D, Petric D, Pérez-Ramírez E, Velo E, Günay F, Bosevska G, Salem I, Pajovic I, Marić J, Kanani K, Paronyan L, Dente MG, Picard M, Zgomba M, Sarih M, Haddad N, Gaidash O, Sukhiasvili R, Declich S, Shaibi T, Sulesco T, Harrat Z, Robert V. Towards harmonisation of entomological surveillance in the Mediterranean area. *PLoS Negl Trop Dis.* 2019 Jun 13;13(6):e0007314. doi: 10.1371/journal.pntd.0007314.
53. Lai Z, Zhou T, Zhou J, Liu S, Xu Y, Gu J, Yan G, Chen XG. Vertical transmission of zika virus in *Aedes albopictus*. *PLoS Negl Trop Dis.* 2020 Oct 15;14(10):e0008776. doi: 10.1371/journal.pntd.0008776.
54. Lanciotti RS, Kosoy OL, Laven JJ, Velez JO, Lambert AJ, Johnson AJ, Stanfield SM, Duffy MR. Genetic and serologic properties of Zika virus associated with an epidemic, Yap State, Micronesia, 2007. *Emerg Infect Dis.* 2008 Aug;14(8):1232-9. doi: 10.3201/eid1408.080287.
55. Liu Z, Zhou T, Lai Z, Zhang Z, Jia Z, Zhou G, Williams T, Xu J, Gu J, Zhou X, Lin L, Yan G, Chen XG. Competence of *Aedes aegypti*, *Ae. albopictus*, and *Culex quinquefasciatus* Mosquitoes as Zika Virus Vectors, China. *Emerg Infect Dis.* 2017 Jul;23(7):1085-1091. doi: 10.3201/eid2307.161528.
56. Lumley S, Hernández-Triana LM, Horton DL, Fernández de Marco MDM, Medlock JM, Hewson R, Fooks AR, Johnson N. Competence of mosquitoes native to the United Kingdom to support replication and transmission of Rift Valley fever virus. *Parasit Vectors.* 2018 May 18;11(1):308. doi: 10.1186/s13071-018-2884-7.
57. Madani TA, Al-Mazrou YY, Al-Jeffri MH, Mishkhas AA, Al-Rabeah AM, Turkistani AM, Al-Sayed MO, Abodahish AA, Khan AS, Ksiazek TG, Shobokshi O. Rift Valley fever epidemic in Saudi Arabia: epidemiological, clinical, and laboratory characteristics. *Clin Infect Dis.* 2003 Oct 15;37(8):1084-92. doi: 10.1086/378747.
58. Maes P, Alkhovsky SV, Bao Y, Beer M, Birkhead M, Briese T, Buchmeier MJ, Calisher CH, Charrel RN, Choi IR, Clegg CS, de la Torre JC, Delwart E, DeRisi JL, Di Bello PL, Di Serio F, Digiario M, Dolja VV, Drosten C, Druciarek TZ, Du J, Ebihara H, Elbeaino T, Gergerich RC, Gillis AN, Gonzalez JJ, Haenni AL, Hepojoki J, Hetzel U, Hồ T, Hóng N, Jain RK, Jansen van Vuren P, Jin Q, Jonson MG, Junglen S, Keller KE, Kemp A, Kipar A, Kondov NO, Koonin EV, Kormelink R, Korzyukov Y, Krupovic M, Lambert AJ, Laney AG, LeBreton M, Lukashевич IS, Marklewitz M, Markotter W, Martelli GP, Martin RR, Mielke-Ehret N, Mühlbach HP, Navarro B, Ng TFF, Nunes MRT, Palacios G, Pawęska JT, Peters CJ, Plyusnin A, Radoshitzky SR, Romanowski V, Salmenperä P, Salvato MS, Sanfacha H, Sasaya T, Schmaljohn C, Schneider BS, Shirako Y, Siddell S, Sironen TA, Stenglein MD, Storm N, Sudini H, Tesh RB, Tzanetakis IE, Uppala M, Vapalahti O, Vasilakis N, Walker PJ, Wang G, Wang L, Wang Y, Wei T, Wiley MR, Wolf YI, Wolfe ND, Wu Z, Xú W, Yang L, Yang Z, Yeh SD, Zhāng YZ, Zhèng Y, Zhou X, Zhū C, Zirkel F, Kuhn JH. Taxonomy of the family Arenaviridae and the order Bunyavirales: update 2018. *Arch Virol.* 2018 Aug;163(8):2295-2310. doi: 10.1007/s00705-018-3843-5.
59. Mengesha Tsegaye M, Beyene B, Ayele W, Abebe A, Tareke I, Sall A, Yactayo S, Shibeshi ME, Staples E, Belay D, Lilay A, Alemu A, Alemu E, Kume A, H/Mariam A, Ronveaux O, Tefera M, Kassa W, Bekele Weyessa A, Jima D, Kebede A, Tayachew A. Sero-prevalence of yellow fever and related Flavi viruses in Ethiopia: a public health perspective. *BMC Public Health.* 2018 Aug 14;18(1):1011. doi: 10.1186/s12889-018-5726-9.
60. M'ghirbi Y, Mousson L, Moutailler S, Lecollinet S, Amaral R, Beck C, Aounallah H, Amara M, Chabchoub A, Rhim A, Failloux AB, Bouattour A. West Nile, Sindbis and Usutu Viruses: Evidence of Circulation in Mosquitoes and Horses in Tunisia. *Pathogens.* 2023 Feb 21;12(3):360. doi: 10.3390/pathogens12030360.
61. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009 Jul 21;6(7):e1000097. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.
62. Monath TP. Yellow fever: an update. *Lancet Infect Dis.* 2001 Aug;1(1):11-20. doi: 10.1016/S1473-3099(01)00016-0.
63. Murray KO, Mertens E, Despres P. West Nile virus and its emergence in the United States of America. *Vet Res.* 2010 Nov-Dec;41(6):67. doi: 10.1051/vetres/2010039.
64. Nebbak A, Almeras L, Parola P, Bitam I. (2022). Mosquito Vectors (Diptera: Culicidae) and Mosquito-Borne Diseases in North Africa. *Insects*, 13(10), 962. doi: 10.3390/insects13100962.
65. Nielsen SS, Alvarez J, Bicout DJ, Calistri P, Depner K, Drewe JA, Garin-Bastuji B, Rojas JLG, Schmidt CG, Michel V, Chueca MAM, Roberts HC, Sihvonen LH, Stahl K, Calvo AV, Viltrop A, Winckler C, Bett B, Cetre-Sossah C, Chevalier V, Devos C, Gubbins S, Monaco F, Sotiria-Eleni A, Broglia A, Abrahantes JC, Dhollander S, Stede YV, Zancanaro G. Rift Valley Fever - epidemiological update and risk of introduction into Europe. *Efsa J.* 2020 Mar 6;18(3):e06041. doi: 10.2903/j.efsa.2020.6041.
66. Noronha Ld, Zanluca C, Azevedo ML, Luz KG, Santos CN. Zika

- virus damages the human placental barrier and presents marked fetal neurotropism. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2016 May;111(5):287-93. doi: 10.1590/0074-02760160085.
67. Obtel M, Malik MR, Nguyen TMN, Buliva E, Elkhobby A, Salim SA, Ghosn N, Hemmati P, Thuan V, Mala P. Enhancing surveillance for early detection of Zika virus infection: strategies for the countries of Eastern Mediterranean Region. *East Mediterr Health J*. 2019 Mar 19;25(1):58-65. doi: 10.26719/emhj.18.011.
68. Organisation mondiale de la Santé. OMS guidelines for the prevention of sexual transmission of Zika virus. Geneva: World Health Organization; 2020.
69. Organisation mondiale de la Santé (OMS). Disease Outbreak News. Dengue - Global situation. Genève, WHO, 2024.
70. Outammassine, A. 2024. Les Moustiques Vecteurs des Arbovirus: Etude Entomologique et Moléculaire au Maroc. Thèse de Doctorat de 3e cycle, Université Cadi Ayad, Faculté de Sciences Semlalia Marrakech.
71. Oyono MG, Kenmoe S, Abanda NN, Takuissu GR, Ebogo-Belobo JT, Kenfack-Momo R, Kengne-Nde C, Mbaga DS, Tchatchouang S, Kenfack-Zanguim J, Lontuo Fogang R, Zeuko'o Menkem E, Ndzie Ondigui JL, Kame-Ngasse GI, Magoudjou-Pekam JN, Bowo-Ngandji A, Nkie Esemu S, Ndip L. Epidemiology of yellow fever virus in humans, arthropods, and non-human primates in sub-Saharan Africa: A systematic review and meta-analysis. *PLoS Negl Trop Dis*. 2022 Jul 22;16(7):e0010610. doi: 10.1371/journal.pntd.0010610
72. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, Shamseer L, Tetzlaff JM, Akl EA, Brennan SE, Chou R, Glanville J, Grimshaw JM, Hróbjartsson A, Lalu MM, Li T, Loder EW, Mayo-Wilson E, McDonald S, McGuinness LA, Stewart LA, Thomas J, Tricco AC, Welch VA, Whiting P, Moher D. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Int J Surg*. 2021 Apr;88:105906. doi: 10.1016/j.ijsu.2021.105906
73. Perrings C, Dehnen-Schmutz K, Touza J, Williamson M. How to manage biological invasions under globalization. *Trends Ecol Evol*. 2005 May;20(5):212-5. doi: 10.1016/j.tree.2005.02.011
74. Petersen LR, Brault AC, Nasci RS. West Nile virus: review of the literature. *JAMA*. 2013 Jul 17;310(3):308-15. doi: 10.1001/jama.2013.8042
75. Pialoux G, Gaüzère BA, Jauréguiberry S, Strobel M. Chikungunya, an epidemic arbovirosis. *Lancet Infect Dis*. 2007 May;7(5):319-27. doi: 10.1016/S1473-3099(07)70107-X.
76. Plourde AR, Bloch EM. A Literature Review of Zika Virus. *Emerg Infect Dis*. 2016 Jul;22(7):1185-92. doi: 10.3201/eid2207.151990.
77. ProMED. Protecting Global Health, One Alert at a Time.
78. Puggioli A, Bonilauri P, Calzolari M, Lelli D, Carrieri M, Urbanelli S, Pudar D, Bellini R. Does *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) play any role in Usutu virus transmission in Northern Italy? Experimental oral infection and field evidences. *Acta Trop*. 2017 Aug;172:192-196. doi: 10.1016/j.actatropica.2017.05.006.
79. Robert V, Günay F, Le Goff G, Boussès P, Sulesco T, Khalin AV, Medlock JM, Kampen H, Petric DV, Schaffner F. Distribution chart for Euro-Mediterranean mosquitoes (western Palaearctic region). *J Eur Mosq Control Assoc*. 2019; 37: 1-28. https://www.researchgate.net/publication/330424805_.
80. Rodhain F. Yellow fever: A brief history of a tropical Virosis. *Presse Med*. 2022 Sep;51(3):104132. doi: 10.1016/j.lpm.2022.104132.
81. Rogers DJ, Wilson AJ, Hay SI, Graham AJ. The global distribution of yellow fever and dengue. *Adv Parasitol*. 2006;62:181-220. doi: 10.1016/S0065-308X(05)62006-4.
82. Roundy CM, Azar SR, Rossi SL, Huang JH, Leal G, Yun R, Fernandez-Salas I, Vitek CJ, Paploski IA, Kitron U, Ribeiro GS, Hanley KA, Weaver SC, Vasilakis N. Variation in *Aedes aegypti* Mosquito Competence for Zika Virus Transmission. *Emerg Infect Dis*. 2017 Apr;23(4):625-632. doi: 10.3201/eid2304.161484.
83. Schuffenecker I, Peyrefitte CN, el Harrak M, Murri S, Leblond A, Zeller HG. West Nile virus in Morocco, 2003. *Emerg Infect Dis*. 2005 Feb;11(2):306-9. doi: 10.3201/eid1102.040817.
84. Serگون K, Njuguna C, Kalani R, Ofula V, Onyango C, Konongoi LS, Bedno S, Burke H, Dumilla AM, Konde J, Njenga MK, Sang R, Breiman RF. Seroprevalence of Chikungunya virus (CHIKV) infection on Lamu Island, Kenya, October 2004. *Am J Trop Med Hyg*. 2008 Feb;78(2):333-7.
85. Simpson DI. Zika virus infection in man. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 1964 Jul;58:335-8. doi: 10.1016/0035-9203(64)90201-9
86. Smithburn KC, Hughes TP, Burke AW, Paul JH. A Neurotropic Virus Isolated from the Blood of a Native of Uganda. *Am. J. Trop. Med.* 1940;1-20(4):471-492. doi: 10.4269/ajtmh.1940.s1-20.471.
87. Tamba M, Bonilauri P, Bellini R, Calzolari M, Albieri A, Sambri V, Dottori M, Angelini P. Detection of Usutu virus within a West Nile virus surveillance program in Northern Italy. *Vector Borne Zoonotic Dis*. 2011 May;11(5):551-7. doi: 10.1089/vbz.2010.0055.
88. Tber Abdelhaq A. West Nile fever in horses in Morocco. *Bull Off Int Epizoot*, 1996; 11: 867-9.
89. Trari B. Les moustiques (insectes, diptères) du Maroc: atlas de répartition et études épidémiologiques. Thèse Doc, Faculté des Sciences, Rabat 2017. doi: 10.13140/RG.2.2.30761.08803.
90. Trari B, Dakki M. Atlas des Moustiques (Diptera Culicidae) du Maroc. *Trav Inst Sci, Sér Zool, Rabat, Maroc*, 2017, 51, 128 pp.
91. Trari B, Dakki M, Harbach RE. An updated checklist of the Culicidae (Diptera) of Morocco, with notes on species of historical and current medical importance. *J Vector Ecol*. 2017 Jun;42(1):94-104. doi: 10.1111/jvec.12243.
92. Vazquez A, Jimenez-Clavero M, Franco L, Donoso-Mantke O, Sambri V, Niedrig M, Zeller H, Tenorio A. Usutu virus: potential risk of human disease in Europe. *Euro Surveill*. 2011 Aug 4;16(31):19935.
93. Vilibic-Cavlek T, Petrovic T, Savic V, Barbic L, Tabain I, Stevanovic V, Klobucar A, Mrzljak A, Ilic M, Bogdanic M, Benin I, Santini M, Capak K, Monaco F, Listes E, Savini G. Epidemiology of Usutu Virus: The European Scenario. *Pathogens*. 2020 Aug 26;9(9):699. doi: 10.3390/pathogens9090699.
94. Vilibic-Cavlek T, Savic V, Petrovic T, Toplak I, Barbic L, Petric D, Tabain I, Hrnjakovic-Cvjetkovic I, Bogdanic M, Klobucar A, Mrzljak A, Stevanovic V, Dinjar-Kujundzic P, Radmanic L, Monaco F, Listes E, Savini G. Emerging Trends in the Epidemiology of West Nile and Usutu Virus Infections in Southern Europe. *Front Vet Sci*. 2019 Dec 6;6:437. doi: 10.3389/fvets.2019.00437.
95. Weetman D, Kamgang B, Badolo A, Moyes CL, Shearer FM, Coulibaly M, Pinto J, Lambrechts L, McCall PJ. *Aedes* Mosquitoes and *Aedes*-Borne Arboviruses in Africa: Current and Future Threats. *Int J Environ Res Public Health*. 2018 Jan 28;15(2):220. doi: 10.3390/ijerph15020220.
96. Were F. The dengue situation in Africa. *Paediatr Int Child Health*. 2012 May;32 Suppl 1(s1):18-21. doi: 10.1179/2046904712.Z.00000000048.
97. World Organisation for Animal Health (OIE). West Nile fever. World Organisation for Animal Health.
98. Xu Y, Zhou J, Liu T, Liu P, Wu Y, Lai Z, Gu J, Chen X. Assessing the risk of spread of Zika virus under current and future climate scenarios, Biosafety and Health, 4(3), 193-204. doi: 10.1016/j.bshealth.2022.03.012.