

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Democratic and Popular Republic of Algeria / République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا للبيطرة ربيع بوشامة
Higher National Veterinary School Rabie Bouchama
École Nationale Supérieure Vétérinaire Rabie Bouchama



N° d'ordre : 011/Master/2025

Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Vétérinaires

THÈME

Situation épidémiologique du virus West Nile dans le bassin méditerranéen

Présenté par :
ALI MOUSSA Omar
BOURNINE Anaïs
BOUZID Mohamed Anis

Soutenu publiquement, le 25/juin/2025 devant le jury composé de :

Pr. MIMOUNE Nora	Professeur	Président
Dr. BAAZIZI Ratiba	Maitre de conférences A	Promoteur
Pr. BAROUDI Djamel	Professeur	Examineur

Année universitaire 2024 /2025

REMERCIEMENT

On tient tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à notre chère promotrice BAAZIZI Ratiba, pour son accompagnement précieux, ses conseils avisés et son soutien constant tout au long de cette année universitaire. Son engagement et sa patience ont été d'une aide inestimable dans la réalisation de ce travail.

On souhaite également adresser nos sincères remerciements aux honorables membres du jury, le Professeur BAROUDI et le Professeur MIMOUNE, pour avoir accepté de consacrer leur temps à l'évaluation de notre travail. Leur présence témoigne de l'importance qu'ils accordent à notre formation et à notre réussite académique.

Enfin, on n'oublie pas de remercier tout le personnel de l'école vétérinaire ainsi que toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite de ce projet, que ce soit par leur soutien moral, leurs encouragements ou leurs conseils.

Dédicace

Avant toute chose, je rends grâce à Allah, le Tout-Puissant, sans qui rien de tout cela n'aurait été possible. C'est grâce à Sa miséricorde, Sa force et Son infinie sagesse que j'ai pu accomplir ce travail.

Je dédie ce travail, fruit de cinq années d'efforts et de persévérance, à des personnes chères qui ont marqué ce parcours :

À **ma mère**, mon pilier, mon refuge, celle dont l'amour et le soutien inconditionnel ont été ma plus grande force tout au long de ces années.

À **mon frère Mohamed Amir**, le Fela7, sans qui ce travail n'aurait jamais eu cette touche finale si "CRISP with 1 Clicks !", les 3 minutes étaient suffisantes ?! naaah j pense pas !

À **ma chère tante Tata Fifi (Allah yerhamha)**, que Dieu lui accorde Sa plus grande miséricorde. Son amour, son énergie, son soutien moral et physique ont été un moteur puissant dans ma vie. Qu'elle repose en paix

À **mes camarades du Groupe 4**, les vrais OGs ! Merci pour les fous rires, le soutien, et surtout pour avoir rendu les cliniques tout sauf "boring". Les TPs aussi.... Mais qui s'en souviens ? xD

À **mes collègues et amis, Omar et Anaïs**, pour leur engagement, leur professionnalisme, et toutes ces longues nuits blanches passées ensemble à bosser sans relâche.

Houari, Salim, Nimane, Fares, Jonas, Islam, Halim, Amine, Karim, les hommes vous êtes les meilleurs !

À vous tous, merci du fond du cœur.

Cordialement,
Reda.Pnk

Je dédie ce travail à

Tout d'abord je tiens à remercier Dieu le miséricordieux de m'avoir bénie avec ma santé, ma famille et mes études et pleins d'autres choses que je ne pourrais énumérer ni citer

À mes parents, qui ont tant sacrifié pour mes études afin que j'arrive là où je suis aujourd'hui, rien que je ne puisse écrire ici ne saura décrire ma gratitude envers eux

À mon père qui se réveillait tous les dimanches à 4h du matin pour me déposer à la gare afin que j'assiste au cours de 8h30 à l'heure, celui qui m'a toujours encouragé dans mes études et soutenait toutes les décisions que je prenais, celui qui me déposait et me récupérait de mes stages, il a été durant ces 5 années un soutien morale, physique et financier

À ma maman qui a toujours été là pour moi, celle qui m'écoutait et me guidait dans chaque pas que je prenais, celle qui m'a aidé à grandir et à m'épanouir celle grâce à qui je suis qui je suis ou je suis

À mon grand-père mes sœurs et mon frère qui écoutaient mes histoires avec patience chaque week-end quand je rentrais à la maison

À Nihal ma princesse, celle qui me remontait le morale quand ça n'allait pas et que le stress me submergeait, celle qui a été là pour moi et qui trouvait toujours les mots justes pour me réconforter

À mes tentes et mes oncles qui n'hésitaient pas à me venir en aide quand j'en avais besoins

À mes cousins et cousines qui sont ma joie de vivre

À ma copine de chambre Amira ma sœur de cœur avec qui j'ai passé mes plus belles années aux seins de la résidence universitaire, celle qui m'attendais chaque après-midi pour qu'on prenne le café ensemble

À mes 2 binômes, ceux qui ont rendu ce travail possible

à mes copines de l'école Nouara , Sabrina , Hadil , Serine , Hana , Faiza , Samia , Cyrine, Ryma, Anfal , Abir et Mayssa

À ma voisine de chambre Maroua

Au groupe 4, le meilleur des groupes clinique, ceux avec qui on a rigolé, joué, sécher et avant tout ceux qui ont toujours été droit et solidaire

À Madame Rebouh qui m'a fait aimer la chirurgie et à Madame Ouslimanie qui m'a fait aimer le module d'équine et qui sont pour moi une source d'inspiration

Anais

Je dédie ce travail :

À mes chers parent, aucune dédicace ne saurait exprimer pleinement le respect, l'amour éternel et la profonde considération que je vous porte pour les innombrables sacrifices que vous avez consentis afin d'assurer mon éducation et mon bien-être. Je vous remercie du fond du cœur pour tout le soutien et l'affection que vous m'avez témoignés depuis mon enfance. J'espère que votre bénédiction m'accompagnera toujours. Qu'Allah vous accorde santé, bonheur et longue vie, et fasse en sorte que jamais je ne vous déçoive.

À mes frères et sœurs, pour votre affection, vos encouragements et votre confiance en moi. Votre présence bienveillante m'a toujours donné la force d'avancer.

Merci d'avoir été un soutien silencieux mais essentiel dans cette aventure.

À mes nièces et neveux, vous êtes ma source de joie et d'inspiration au quotidien.

Que ce travail soit un témoignage de l'importance de l'instruction, et un exemple, je l'espère, qui éveillera en vous l'envie d'aller toujours plus loin.

À mes amis, pour votre amitié sincère, votre soutien constant et les moments précieux partagés.

Merci d'avoir été présents tout au long de ce parcours.

À mes camarades de promotion, compagnons de route dans cette belle et exigeante aventure académique, merci pour les moments de solidarité, de travail partagé et de franche camaraderie.

Nos efforts collectifs resteront gravés dans ma mémoire comme une richesse humaine inestimable.

Omar

LISTE DES FIGURES

Figure 1 La structure du virus West Nile (Lang L. 2007).....	5
Figure 2 Partitionnement biogéographique de l'avifaune mondiale (atlas des oiseaux).....	15
Figure 3 Nombre de cas autochtones d'infection par le virus West Nile en France hexagonale 2024 (santé publique France).....	16
Figure 4 Répartition des cas humains et des foyers équins/aviaires par municipalité en Espagne (2024 et cumul 2010-2023) (Données du Ministère de l'Agriculture (MAPA) et du Réseau National de Surveillance Épidémiologique (RENAVE)	18
Figure 5 Cas autochtones d'infection par le virus du Nil occidental (VNO), par année et communauté autonome (Ministère de la Santé espagnol / Centre national d'épidémiologie - Données arrêtées au 30/09/2024).....	19
Figure 6 circulation du virus WNV chez des vecteurs, des animaux et des humains en Italie en 2024 (Bulletin n° 18 du 31 octobre 2024 Surveillance intégrée du virus du Nil occidental et du virus Usutu).....	20
Figure 7 montrant les données quantitatives du VNO comparant les différents pays durant les années 2021-2024	21
Figure 8 les nouveaux foyers apparus au cours des 6 dernières années dans les pays suivants (France, Tunisie, Algérie, Italie) ©WAHIS.....	23
Figure 9 les différentes données quantitatives du VNO au cours des 6 dernières années (2018-2024) au monde entier ©WAHIS.....	24

TABLE DES MATIERES

I.	INTRODUCTION	1
II.	HISTORIQUE	2
III.	TAXONOMIE ET DESCRIPTION.....	3
IV.	PATHOGENIE	5
V.	EPIDEMIOLOGIE	6
V.1.	Le vecteur.....	6
V.2.	Le réservoir.....	8
VI.	ÉPIDEMIO-SURVEILLANCE DE LA WVN.....	10
VI.1.	Les systèmes de surveillance.....	10
VI.1.1.	La surveillance	11
VI.1.2.	Surveillance du virus du Nil occidental : exemples de pays du bassin méditerranéen	12
VII.	VU SUR LA VOIE PALÉARCTIQUE OCCIDENTALE.....	15
VIII.	DONNÉES CLINIQUES	16
VIII.1.	France.....	16
VIII.2.	Espagne	18
VIII.3.	Italie	19
VIII.4.	Algérie :.....	22
VIII.4.1.	Chez les équidés	22
VIII.4.2.	Chez les oiseaux	22
VIII.4.3.	Conditions climatiques	25
IX.	SYNTHÈSE DES DONNÉES CLINIQUE.....	26
X.	CONCLUSION	27

I. INTRODUCTION

Le virus du Nil occidental (VNO) est un arbovirus appartenant au genre Flavivirus, apparenté aux virus responsables de l'encéphalite de St. Louis, de l'encéphalite japonaise et de la fièvre jaune. Il est principalement transmis à l'homme par les moustiques du genre *Culex* (Maidana & Yang., 2008), mais d'autres arthropodes hématophages telle que moustique *Aedes* et Anophèle, les tiques *Hyalomma marginatum*, *Ixodes ricinus* et *Ornithodoros* spp. Peuvent également jouer un rôle secondaire dans sa transmission (Moutailler et al., 2016).

Le VNO se maintient dans la nature grâce à un cycle enzootique impliquant principalement les oiseaux sauvages présentant une virémie suffisante sont le réservoir naturel permettant au moustiques vecteurs la transmission du virus entre ces hôtes aviaires, et les hôtes accidentelles l'homme et les équidés, ces derniers sont considérés comme des hôtes terminaux, car ils ne développent pas de virémie suffisante pour infecter d'autres vecteur, donc la transmission interhumaine ainsi que équidés-équidés n'est pas possible (Saiz et al., 2021).

L'Algérie, se situe sur la voie migratoire paléarctique occidentale, et est survolée chaque année par plus de 2,5 milliards d'oiseaux migrants, dont de nombreuses espèces sont compétentes pour héberger et disséminer le virus (Nilsson et al., 2018). Ajoutent à cela l'impact que peut avoir le changement climatique sur l'évolution et la dissémination du vecteur. Cela fait de l'Algérie une zone à haut risque d'introduction, de circulation et d'amplification du VNO.

Pourtant, malgré la confirmation récente de cas autochtones aussi bien chez les humains que chez les équidés, les données disponibles sur la circulation du virus restent fragmentaires. Cette situation est principalement due à l'inefficacité du programme de surveillance systématique mis en place par les autorités sanitaire humain et vétérinaire, au manque de coordination entre les secteurs de la santé humaine, animale et environnementale, ainsi qu'à une insuffisance des capacités de diagnostic virologique et entomologique sur le territoire.

Ce travail vise à décrire la répartition spatiale et temporelle des cas de WNV chez les animaux domestiques (chevaux principalement), réservoirs sauvages (oiseaux) ainsi que les cas humains dans quelques pays situés sur le bassin méditerranéen et faire la comparaison avec la situation de la WNV en Algérie

II. HISTORIQUE

- Les premières apparitions du virus :

Le virus du West Nile occidentale est l'un des plus anciens arbovirus connus, puisqu'il a été isolé pour la première fois en 1937 dans le district de West Nile, en Ouganda chez une femme présentant un état fébrile à partir d'un échantillon sanguin (SMITHBURN K., 1940)

Son aire de distribution est très large, il est présent dans tous les continents à l'exception du continent austral (Kramer et al., 2008). En Égypte en 1953 la population du sud du pays a été rapidement infectée et où 50 % des enfants de plus de 4 ans et 90 % des adultes de plus de 20 ans possédait des anticorps contre le virus, ce virus a également été isolé chez des oiseaux colombiforme dans la région du delta du Nil (Taylor et al., 1956).

La première identification en France du VNO s'est fait en 1964 dans le delta du Rhône (Hannoun et al., 1964). Et la souche russe a été isolé et en 1963 dans le delta de la Volga (Pogodina et al., 1983). En 1974, la première épidémie d'importance Humaine survient en Afrique du Sud (McIntosh et al., 1976) et a permis ainsi que la mort de divers oiseaux qui manifestait un tableau clinique nerveux avec des symptômes surtout d'encéphalites et paralysies au moyen orient d'attirer l'attention de la communauté scientifique (Malkinson et Banet, 2002) , car avant 1997 le virus n'était pas considéré comme pathogène pour l'espèce aviaire (Hubálek et Halouzka, 1999).

Le West Nil Virus (WNV) a été introduit dans l'état de New York en 1999, est devenu la première cause d'encéphalite arbovirale aux États-Unis de 1999 à 2010 (Nash et al., 2001 ; CDC, 2013) l'épidémie a démontré l'importance des maladies vectorielle et a permise l'instauration d'un programme de lutte (Petersen & Hayes, 2008).

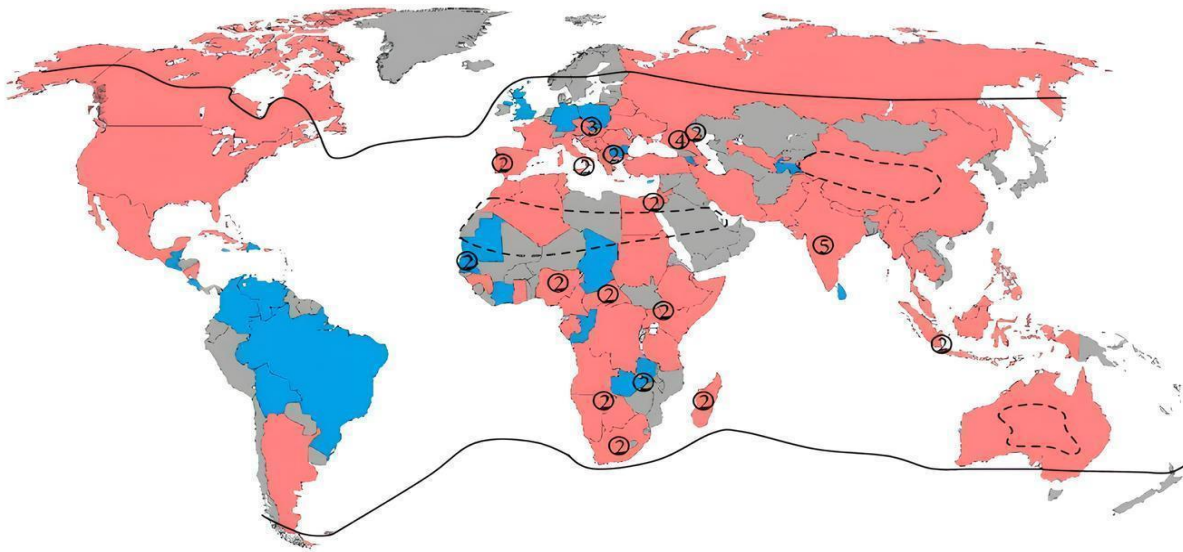


Figure 1 répartition mondiale du VNO par pays (Rouge : cas humain positive / séropositive au VNO Bleu : cas non humains / moustiques séropositifs Gris : aucune donnée)(Chancey et al., 2015)

- Isolement en Algérie :

Le VNO a été isolé pour la première fois en Algérie en 1968 à partir d'un groupe de moustiques *Culex* dans le district de Djanet, une oasis saharienne située au sud-est du pays. En 1994, plus de 50 cas humains et huit décès ont été recensés lors d'une épidémie d'encéphalite à VNO dans l'oasis de Tinerkouk, dans la province de Timimoun, au sud-ouest de l'Algérie. Récemment, dans la même province, un cas de méningo-encéphalite à VNO a été signalé dans l'oasis d'Aougrout (S. Benbetka et al 2019).

III. TAXONOMIE ET DESCRIPTION

- Règne : Riboviria
- Royaume : Orthornavirae
- Phylum : Pisuviricota
- Classe : Flasuviricetes
- Ordre : Flavivirales
- Famille : Flaviviridae
- Genre : *Flavivirus*

- Espèce : West Nile virus

C'est un virus du groupe IV d'après la classification de Baltimore, c'est-à-dire qu'il possède un génome ARN simple brin à polarité positive. Il est classé en huit lignées. Les lignées 1 et 2 regroupent les souches les plus pathogènes et les plus largement disséminées sur le globe. La distribution du VWN de lignée 1 s'étend en Amérique, Afrique, Europe, Inde, au Moyen-Orient, en Russie et en Australie avec des épidémies chez l'Homme essentiellement en Europe et en Amérique du Nord. La lignée 1 est scindée en trois clades (1a, 1b, 1c). Historiquement, la lignée 2 est endémique de l'Afrique sub-saharienne et à Madagascar, associée à des états fébriles chez l'homme, en absence d'atteinte du système nerveux central. Il est possible que les virus West Nile (VWN) de lignée 2 aient été originaires d'Afrique et se soient introduits en Europe plus récemment notamment avec des cas chez les oiseaux et chez l'Homme. La lignée 3 a principalement été isolée à partir de moustiques de République Tchèque, en 1997 et 1999, avec des infections rapportées uniquement chez le moustique ou des cultures de cellules de moustique. La lignée 4 regroupe des virus isolés en Russie depuis 1988. La lignée 5 correspond à l'ancien clade 1c avec des isolats d'Inde de 1955 à aujourd'hui (Ravagnan et al., 2015).

Structure :

Le WNV appartient au genre *Flavivirus* de la famille *Flaviviridae* et est un virus à ARN monocaténaire positif. Sa structure virale est typique de nombreux flavivirus. Son architecture repose sur trois protéines structurales majeures : la capside (C), la membrane (M) et la glycoprotéine d'enveloppe (E). Cette glycoprotéine E joue un rôle crucial dans l'attachement du virus et la fusion de membranes, et elle est également la cible d'anticorps neutralisants produits lors de l'infection (Mukhopadhyay et al., 2003).

La glycoprotéine E est essentielle pour la formation des virions et leur maturation. Elle se présente sous forme de trimères et est responsable de la liaison avec les récepteurs cellulaires, facilitant ainsi l'entrée du virus dans les cellules hôtes (Sultana et al., 2009). La structure cristalline de la glycoprotéine E a révélé des épitopes viraux à sa surface, ce qui la rend essentielle pour la reconnaissance par les anticorps (Sultana et al., 2009).

Concernant les mécanismes de maturation et de transport, les protéines structurales du WNV, notamment la glycoprotéine E et la capside, sont transportées le long du réseau de microtubules de

l'hôte vers la membrane plasmique pour l'assemblage et l'excrétion virale (Chu et al., 2003). L'implication des filaments d'actine et des protéines de moteurs moléculaires, comme les kinésines, a également été mise en évidence dans ce processus (Colpitts et al., 2011). Ces mécanismes de transport et de fusion sont cruciaux pour le cycle de vie viral et sa capacité à établir une infection dans l'hôte (Colpitts et al., 2011).

Le génome du virus du Nil occidental contient environ 11 000 nucléotides et est flanqué de deux structures en épingle à cheveux non codantes aux extrémités 3' et 5'. Ce génome code pour trois protéines structurales et sept protéines non structurales, ces dernières n'étant pas incorporées dans la structure des nouveaux virions. L'ARN viral est traduit en une polyprotéine qui est ensuite clivée par des peptidases en plusieurs protéines distinctes (Saiz et al., 2021).

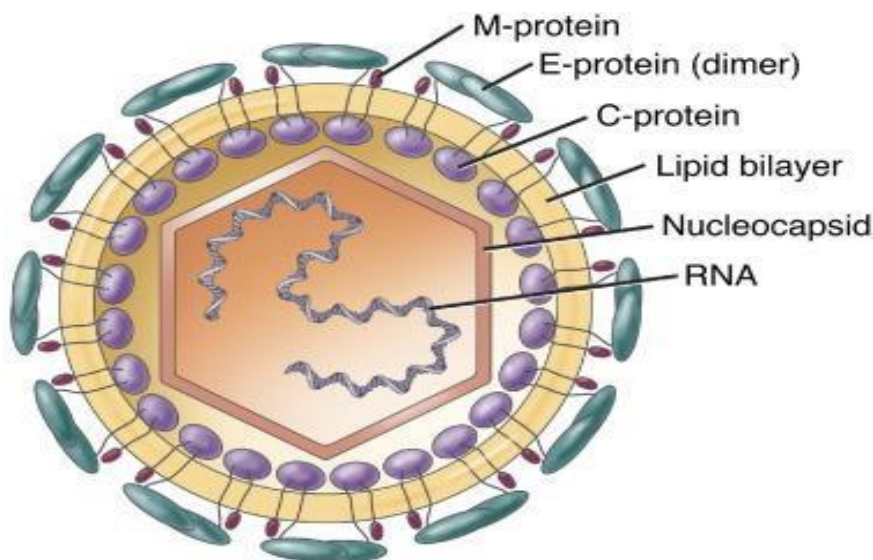


Figure 1 La structure du virus West Nile (Lang L. 2007)

IV. PATHOGENIE

La pathogénie de l'encéphalite à virus West Nile a été étudiée à l'aide de divers modèles animaux, en particulier chez le hamster et la souris, où le virus entraîne une méningo-encéphalite avec des caractéristiques similaires à la poliomyélite, rappelant la forme sévère observée chez l'homme (Xiao et al., 2001).

Après une inoculation sous-cutanée, le virus se réplique localement et dans les nœuds lymphatiques régionaux, puis est transporté dans la circulation sanguine par ses derniers, entraînant une virémie élevée avant d'atteindre le système nerveux central (SNC) (Kramer et al., 2007).

Chez la souris, les cellules de Langerhans de la peau semblent jouer un rôle dans le transport du virus vers les nœuds lymphatiques. Les composants salivaires des moustiques injectés au site d'infection modulent l'infection initiale des kératinocytes et cellules dendritiques cutanées, notamment en supprimant localement le trafic des cellules immunitaires vers le site d'inoculation, permettant aux cellules infectées de migrer vers les ganglions lymphatiques de drainage et de générer une virémie. Le virus peut ainsi se propager aux organes viscéraux et potentiellement atteindre le SNC, où il est capable de se répliquer et d'induire une pathologie cérébrale (Bicout, 2013) .

Cependant, pour provoquer une maladie neuroinvasive, le virus doit pénétrer dans le SNC via divers mécanismes :

- 1- Un passage direct à travers la barrière hémato-encéphalique dû à une perméabilité accrue des vaisseaux sous l'effet des cytokines.
- 2- Un passage trans-endothélial.
- 3- Un transport de type « cheval de Troie », dans lequel des macrophages infectés franchissent la barrière hémato-encéphalique, où il peut être libéré dans le parenchyme cérébral après transmigration transcellulaire ou paracellulaire, contribuant ainsi à la dissémination virale intraneurale.
- 4- Un transport axonal rétrograde par infection des neurones olfactifs ou périphériques.

Quel que soit le mode d'entrée dans le SNC, des modèles murins montrent une réplication virale persistante dans divers tissus, y compris le SNC, ce qui pourrait expliquer les séquelles neurologiques à long terme chez les patients atteints de la forme neuroinvasive de la maladie (Bicout, 2013).

V. EPIDEMIOLOGIE

V.1. Le vecteur

Le virus du Nil occidental (WNV) est principalement transmis par différents vecteurs de moustiques, en particulier ceux du genre *Culex*. Les espèces les plus reconnues pour leur rôle dans la transmission de ce virus comprennent *Culex pipiens*, *Culex quinquefasciatus* et *Culex tarsalis*. Ces espèces de moustiques sont largement étudiées en raison de leur efficacité à propager le WNV, qui est un flavivirus zoonotique (Maidana & Yang, 2008).

Culex pipiens est l'une des espèces les plus courantes et est considérée comme un des vecteurs primaires du WNV. En raison de sa large distribution, cette espèce coexiste écologiquement avec les oiseaux, qui sont les principaux réservoirs du virus. Des études ont montré que cette espèce est capable de maintenir le virus en circulation lorsqu'elle se nourrit de ces hôtes aviaires (Maidana & Yang, 2008). En milieu urbain, elle est souvent présente dans des environnements stagnants, favorisant ainsi sa prolifération (Maidana & Yang, 2008).

Culex quinquefasciatus, aussi connu sous le nom de moustique de southern house, est une autre espèce importante dans la transmission du WNV. Sa capacité à se reproduire dans une variété de conditions environnementales, couplée à son comportement opportuniste de se nourrir sur les oiseaux et les humains, en fait un vecteur critique. Des recherches indiquent que cette espèce peut transmettre le virus à des taux significatifs dans certaines régions, ce qui soulève des préoccupations quant à son rôle dans les épidémies humaines (Xu et al., 2015)

Culex tarsalis, quant à lui, est un autre vecteur notoire, en particulier dans les régions de l'Ouest des États-Unis. Il se distingue par sa compétence à transmettre le WNV principalement à travers son alimentation sur des oiseaux infectés (Maidana & Yang, 2008). Adapté à diverses conditions climatiques, ce moustique a joué un rôle crucial dans la propagation du virus, souvent lié à une augmentation des cas humains (Fesce et al., 2022).

En plus de ces espèces, le virus a été isolé de plus de 30 autres espèces de moustiques appartenant à différents genres, bien que ces espèces aient généralement un rôle moins prédominant dans le cycle d'épidémie du WNV (Maidana & Yang, 2008). Cela souligne la complexité de l'écologie du virus, où divers vecteurs peuvent contribuer à sa transmission dans des contextes variés.

En somme, les moustiques *Culex pipiens*, *Culex quinquefasciatus* et *Culex tarsalis* sont les principales espèces impliquées dans la transmission du virus du Nil occidental. Leur interaction avec les populations d'oiseaux et leur capacité à se reproduire dans des habitats humains font d'eux des vecteurs clés pour la propagation de cette maladie complexe.

V.2. Le réservoir

- Premières études :

Les premières recherches sur le rôle écologique des oiseaux dans la transmission du virus West Nile ont été menées dans les années 1950 en Égypte.

Ces études consistaient à rechercher le virus et les anticorps neutralisants chez les mammifères et oiseaux les plus répandus dans le delta du Nil, ainsi qu'à réaliser des inoculations expérimentales chez les espèces ayant été testé positif en sérologie (Work et al., 1953).

Des anticorps ont été identifiés chez de nombreuses espèces de mammifères et d'oiseaux, avec parfois une séroprévalence élevée. Cependant, le virus West Nile n'a été isolé qu'à partir du sang d'une corneille sarde (*Corvus corone sardonius*) et de deux pigeons domestiques (*Columba livia domestica*) (Work et al., 1953). Les infections expérimentales sur ces espèces séropositives ont montré que les oiseaux présentaient une virémie (quantité de virus dans le sang) suffisante pour infecter efficacement les moustiques vecteurs, contrairement aux mammifères. Ainsi, un cycle de transmission primaire entre moustiques et oiseaux a pu être mis en évidence (Work et al., 1953).

- La compétence et la capacité

Pour qu'une espèce d'oiseau participe activement à la transmission du virus West Nile, plusieurs conditions sont nécessaires.

D'abord, l'oiseau doit être un "hôte compétent", c'est-à-dire que le virus, après avoir été inoculé par un moustique vecteur, doit pouvoir s'y multiplier et atteindre une concentration suffisante dans le sang pour infecter d'autres moustiques. La compétence de l'hôte est généralement mesurée en laboratoire (Balenghien et al., 2008).

Ensuite, pour que l'oiseau soit un "hôte capable", il doit fréquemment rencontrer des vecteurs infectés dans son environnement naturel. Cette capacité de transmission, liée aux conditions écologiques spécifiques de chaque foyer de transmission, est évaluée sur le terrain (Burgan et al., 2018).

- Les espèces concernées:

Les différents ordres d'oiseaux présentent des réponses variées en termes de virémie après une infection par le virus West Nile. Parmi eux, les Passériformes atteignent généralement des niveaux de virémie élevés, ce qui les rend potentiellement plus compétents pour transmettre le virus (Van Der

Meulen et al., 2005). Les Charadriiformes et les Colombiformes montrent des niveaux de virémie modérés, tandis que les Anseriformes et les Psittaciformes se situent également dans une fourchette intermédiaire, avec une virémie suffisamment élevée pour pouvoir infecter les moustiques vecteurs dans certains cas. D'autres ordres, comme les Falconiformes, Strigiformes, Piciformes, Gruiformes et Galliformes, développent des virémies plus faibles et de courte durée, ce qui limite leur rôle dans la transmission du virus. Ces différences dans les niveaux de virémie indiquent que certains ordres d'oiseaux sont plus susceptibles de jouer un rôle clé dans la dynamique de transmission du virus West Nile (Van Der Meulen et al., 2005).

En Algérie, divers oiseaux ont été identifiés comme des amplificateurs potentiels du WNV. Parmi eux:

- Grive musicienne (*Turdus philomelos*)

Lors d'une étude menée en Kabylie, un taux de séroprévalence de 12,5 % a été constaté chez cette espèce, ce qui suggère que les grives de ce secteur ont été massivement exposées au WNV (Medrouh et al., 2020).

- Moineau domestique (*Passer domesticus*)

Lors de la même étude, le moineau domestique a révélé un taux de séroprévalence de 1,5 % de l'infection, ce qui démontre une éventuelle participation de ces oiseaux dans la transmission du virus (Medrouh et al., 2020).

- Pigeon biset (*Columba livia*)

Bien qu'aucune donnée spécifique à l'Algérie ne soit disponible à ce jour, le pigeon biset peut être considéré comme un amplificateur du WNV dans d'autres régions en raison du fait que cette espèce apprécie les nichoirs construits par l'homme et qu'il peut être infecté par ce virus.

- Canard colvert (*Anas platyrhynchos*)

Les canards, dont le canard colvert, sont réputés pour être parmi les amplificateurs du WNV. Leur présence dans les zones humides d'Algérie pourrait participer à la circulation du virus dans les écosystèmes.

- Autres passereaux (ordre des Passeriformes)

Les passereaux, qui appartiennent à un ordre d'oiseaux très fréquent lors de cycles de transmission de WNV, sont d'une très grande diversité et en très grande abondance en Algérie ce qui fait d'eux d'importants amplificateurs dans le pays.

- Des hôtes amplificateurs supplémentaires pourraient-ils exister ?

Des cycles de transmission du virus West Nile ont été observés entre des grenouilles (notamment la grenouille rieuse, *Rana ridibunda*) et des moustiques (Molchanova et al., 2021). Cette observation soulève la question du rôle potentiel des amphibiens et des reptiles comme hôtes amplificateurs. D'autant plus que les *Culex*, en particulier *Cx. Pipiens*, peuvent se nourrir fréquemment sur ces animaux.

La prophylaxie sanitaire et médicale contre le virus West Nile (WNV) implique une approche multidimensionnelle, tant pour la santé humaine que pour la santé animale. Ce virus, principalement transmis par des moustiques du genre *Culex*, peut causer des maladies neurologiques graves chez les humains et les chevaux, rendant ainsi la prévention essentielle.

VI. ÉPIDEMIO-SURVEILLANCE DE LA WVN

VI.1. Les systèmes de surveillance

La surveillance du virus West Nile (VWN) repose sur une approche intégrée, combinant la surveillance humaine, animale (aviaire et équine), entomologique et environnementale, afin de détecter précocement toute circulation virale et de mettre en place des mesures de contrôle adaptées (Bellini et al., 2014a). Les programmes mondiaux s'appuient sur l'analyse des moustiques vecteurs (notamment *Culex* spp.) et des oiseaux morts, qui servent d'indicateurs clés pour évaluer le risque d'émergence du virus. Les chevaux, en tant qu'hôtes amplificateurs, permettent également de signaler une activité virale accrue (Leblond et al., 2007). Cette surveillance multidisciplinaire, associée à des réseaux internationaux de partage de données, vise à prévenir les infections chez l'homme et à anticiper les épidémies grâce à une stratégie *One Health*, essentielle face aux défis posés par le changement climatique et l'expansion des zones à risque (Hassan et al., 2023).

VI.1.1. La surveillance

La mise en œuvre d'un système de surveillance épidémiologique intégré constitue une stratégie essentielle pour la détection précoce, le suivi spatio-temporel et le contrôle de la circulation du virus du Nil occidental (VNO). Cette approche repose sur le concept de surveillance « One Health », qui prend en compte de manière synergique les dimensions humaine, animale, entomologique et environnementale, en reconnaissant l'interdépendance entre la santé des hommes, des animaux et des écosystèmes.(Malik et al., 2022)

La surveillance humaine vise à identifier les cas cliniques suspects, notamment les formes neurologiques graves ou les syndromes fébriles inexplicables durant les périodes à risque. En parallèle, la surveillance vétérinaire cible principalement les espèces sentinelles telles que les équidés (en particulier les chevaux), susceptibles de développer des formes cliniques de l'infection, ainsi que les oiseaux, hôtes amplificateurs du virus, chez lesquels une mortalité inhabituelle peut constituer un signal d'alerte épidémiologique.(Patil et al., 2020)

Sur le plan entomologique, la capture régulière de moustiques adultes, notamment les espèces du genre *Culex*, suivie de leur identification et de leur analyse virologique, permet d'estimer le taux d'infection vectorielle et d'anticiper le risque de transmission aux hôtes sensibles. Cette surveillance est d'autant plus importante que les moustiques, bien qu'asymptomatiques, jouent un rôle central dans le cycle épidémiologique du VNO en assurant la transmission du virus entre les oiseaux et vers des hôtes accidentels tels que l'Homme ou le cheval.(Bellini et al., 2014b)

Par ailleurs, la surveillance environnementale, qui comprend l'analyse des paramètres climatiques (températures, précipitations, humidité, etc.), des données écologiques (zones humides, densité aviaire, etc.) et des modifications anthropiques (urbanisation, pratiques agricoles), permet de mieux comprendre les facteurs favorisant l'émergence ou la réémergence du virus, et d'orienter les mesures de prévention.(Ukawuba & Shaman, 2018)

À l'échelle mondiale, plusieurs programmes de surveillance ont été mis en place dans les régions endémiques ou à risque, dans le but de détecter précocement la circulation virale avant l'apparition de cas cliniques chez les hôtes accidentels. Ces dispositifs reposent principalement sur la collecte systématique de moustiques adultes et d'oiseaux morts, utilisés comme bio-indicateurs d'une augmentation du risque épidémique. L'analyse virologique de ces échantillons permet d'identifier les

foyers actifs de circulation virale, de cartographier le risque et d'activer, le cas échéant, des mesures de lutte ciblées telles que la démoustication, la vaccination des équidés ou l'information des populations.(Cito et al., 2013)

Ainsi, la surveillance intégrée du VNO constitue un outil fondamental pour anticiper les vagues épidémiques, limiter la propagation du virus et protéger la santé publique et animale par la mise en œuvre de stratégies de prévention basées sur des données scientifiques actualisées.(Petrović et al., 2018)

VI.1.2. Surveillance du virus du Nil occidental : exemples de pays du bassin méditerranéen

Dans la région méditerranéenne, plusieurs pays ont mis en place des dispositifs de surveillance intégrée du virus du Nil occidental (VNO), en raison de leur exposition au risque de circulation virale lié aux migrations d'oiseaux, à la présence de vecteurs compétents et à des conditions écoclimatiques favorables à la transmission. Parmi ces pays, l'Italie, la France, la Tunisie et l'Algérie ont développé des programmes de surveillance aux approches variables, mais convergentes dans leur objectif de détection précoce et de prévention des cas humains et animaux.(Cito et al., 2013)

(a) Italie :

En Italie, la lutte contre le virus du Nil occidental repose sur un système de surveillance intégré, précoce et coordonné, mis en œuvre principalement dans le nord du pays où la circulation virale est devenue endémique depuis 2008. Ce dispositif est orchestré par l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) en collaboration avec les services vétérinaires régionaux. Il repose sur plusieurs volets complémentaires. La surveillance entomologique s'appuie sur la capture hebdomadaire de moustiques adultes, principalement *Culex pipiens*, durant la saison estivale. Ces moustiques sont ensuite identifiés et analysés par RT-PCR en temps réel pour détecter la présence du virus. En parallèle, une surveillance aviaire est mise en place : elle inclut l'analyse virologique d'oiseaux morts ainsi que la capture d'oiseaux sauvages sentinelles, notamment les moineaux et les corvidés, qui sont testés à la fois par PCR et par des techniques sérologiques. La surveillance équine, quant à elle, concerne les chevaux présentant des signes neurologiques ; ces derniers sont soumis à des tests ELISA IgM, des tests de neutralisation virale (VNT) et, dans certains cas, à une RT-PCR. En ce qui concerne la surveillance humaine, les cas suspects doivent être déclarés, et un dispositif spécifique est appliqué pour contrôler les donneurs de sang dans les régions à risque, afin d'éviter toute transmission

transfusionnelle. Enfin, l'Italie utilise des outils de modélisation du risque, notamment les systèmes d'information géographique (SIG), pour suivre l'évolution spatio-temporelle de la circulation virale, anticiper les zones à haut risque et adapter les mesures de prévention en conséquence.(Mingione et al., 2023)

(b) France :

Depuis 2001, la France a mis en œuvre un système de surveillance du virus du Nil occidental (VNO), principalement centré sur les zones humides considérées à risque telles que la Camargue, le sud-ouest du pays et la Corse, où les conditions écologiques favorisent fortement la transmission vectorielle. Ce dispositif est coordonné par plusieurs institutions nationales, dont l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), Santé Publique France et le réseau des laboratoires vétérinaires départementaux. La surveillance entomologique repose sur des campagnes de piégeage hebdomadaire de moustiques adultes à l'aide de pièges à CO₂, suivies d'une identification des espèces et d'une analyse par RT-PCR visant à détecter la présence du VNO. Du côté aviaire, un programme spécifique est mis en place pour la capture d'oiseaux sauvages vivants à l'aide de filets japonais ; les échantillons prélevés font ensuite l'objet d'analyses sérologiques (ELISA, VNT) et virologiques (PCR). La surveillance équine est également un maillon clé du dispositif : les cas équins suspects doivent être obligatoirement déclarés, et les prélèvements sont analysés par ELISA IgM, tests de neutralisation virale (VNT) et PCR, que ce soit sur le sérum ou le liquide céphalorachidien (LCR). En ce qui concerne la population humaine, une surveillance passive est déployée durant la saison estivale pour détecter les cas à expression neurologique, et un contrôle rigoureux est effectué sur les dons de sang. Le diagnostic repose sur la détection des anticorps IgM et IgG par ELISA, complétée, si nécessaire, par une PCR ou un test de neutralisation pour confirmation. Enfin, l'approche française intègre une composante environnementale importante, avec l'utilisation de données climatiques, la cartographie via des systèmes d'information géographique (SIG) et la modélisation du risque, afin de mieux comprendre et anticiper la dynamique de circulation du virus. Ce système intégré permet ainsi une réponse rapide et ciblée face à l'émergence ou à la réémergence du VNO en France.(Margeloiu et al., 2020)

(c) Tunisie :

La Tunisie, située sur l'une des principales routes migratoires empruntées par les oiseaux paléarctiques, a connu plusieurs épisodes de circulation du virus du Nil occidental (VNO), en particulier dans les zones humides du nord du pays telles que le lac Ichkeul, le Cap Bon ou encore la vallée de la Mejerda. La surveillance du virus y est assurée par l'Institut National de la Santé Publique (INSP), en étroite collaboration avec les laboratoires vétérinaires nationaux et l'Institut Pasteur de Tunis. Le volet entomologique repose sur le piégeage de moustiques, notamment dans les zones humides sensibles à la transmission vectorielle. Les moustiques capturés, principalement du genre *Culex*, sont regroupés en pools puis testés à l'aide de la RT-PCR pour détecter la présence du virus. Concernant la surveillance équine, bien que celle-ci ne soit pas systématique, plusieurs études sérologiques ont permis de détecter la présence d'anticorps anti-VNO chez des chevaux, ce qui indique une circulation virale silencieuse dans la population équine. La surveillance aviaire est quant à elle moins structurée, mais des recherches ciblées menées sur les oiseaux migrateurs ont mis en évidence la présence du virus, grâce à des analyses sérologiques (ELISA) et virologiques (PCR). Du point de vue humain, la Tunisie applique une surveillance passive focalisée sur les cas présentant des manifestations neurologiques. Le diagnostic repose alors sur l'utilisation de tests ELISA IgM pour détecter les infections récentes, ainsi que sur la confirmation virologique par RT-PCR. Bien que le système de surveillance tunisien soit encore en phase de structuration, il permet néanmoins d'attester d'une circulation active du VNO, notamment dans les zones écologiquement favorables à la prolifération des vecteurs et à l'accueil des oiseaux migrateurs. (Monastiri et al., 2018)

VII. VU SUR LA VOIE PALÉARCTIQUE OCCIDENTALE

La voie paléarctique occidentale est l'un des principaux corridors migratoires aviaires, emprunté par divers espèces telle que *Corvus corone* (Corneille noire) (Boukhatem et al., 2022), *Passer domesticus* (Moineau domestique) (Sadeuh-Mba et al., 2019), *Turdus merula* (Merle noir) (Figueroa et al., 2008) . Ces derniers se déplaçant entre leurs zones de reproduction en Eurasie (notamment en Europe et en Sibérie) et leurs quartiers d'hivernage en Afrique et en Europe méridionale Ce trajet inclut des points de passage stratégiques tels que le détroit de Gibraltar, le Bosphore et plusieurs zones humides clés, qui jouent un rôle vital dans la survie des espèces migratrices (Bairlein et al., 2014). Les oiseaux migrants empruntent notamment les corridors côtiers algériens, les zones humides (comme le lac Tonga dans le parc national d'El Kala) et les massifs montagneux comme l'Atlas saharien avant de poursuivre vers le Sahel ou l'Afrique subsaharienne (Isenmann & Moali, 2000).

Tout cela est un facteurs déterminant dans la distributions spatiale et la dissémination du virus du Nile occidentale.

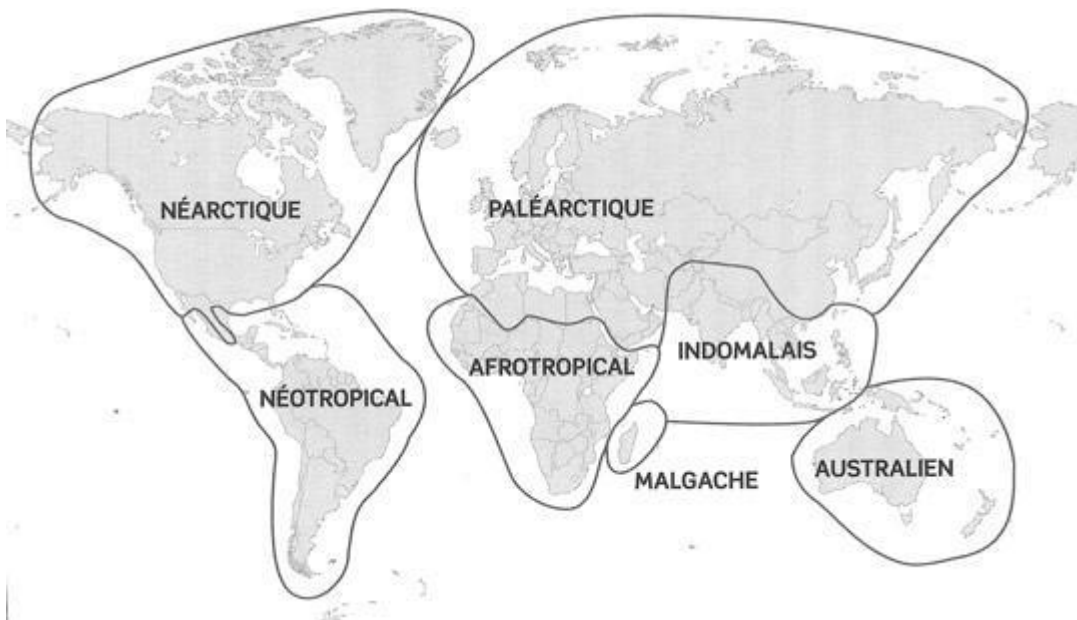


Figure 2 Partitionnement biogéographique de l'avifaune mondiale (atlas des oiseaux)

VIII. DONNÉES CLINIQUES

VIII.1. France

En 2024, 38 cas humains autochtones d'infection par le virus West Nile ont été identifiés dans les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur, Occitanie et Nouvelle-Aquitaine : départements du Var (n=24 cas), de l'Hérault (n=9), du Gard (n=3), de Gironde (n=1) et des Pyrénées Atlantiques (n=1).

Le nombre de cas d'infection par le virus West Nile chez l'homme en 2024 est l'un des plus élevés (n=38), supérieur au nombre de cas en 2021 (n=0) et 2022 (n=6) et semblable à celui de 2023 (n=39). Il est également supérieur au nombre de cas en 2018 (n=27), qui avait été une année d'intense transmission en Europe et en France. En 2024, 89 cas équins ont été déclarés dans neuf départements, et cinq cas aviaires ont été déclarés dans trois départements (Bilan West Nile santé publique France 15 mai 2025)

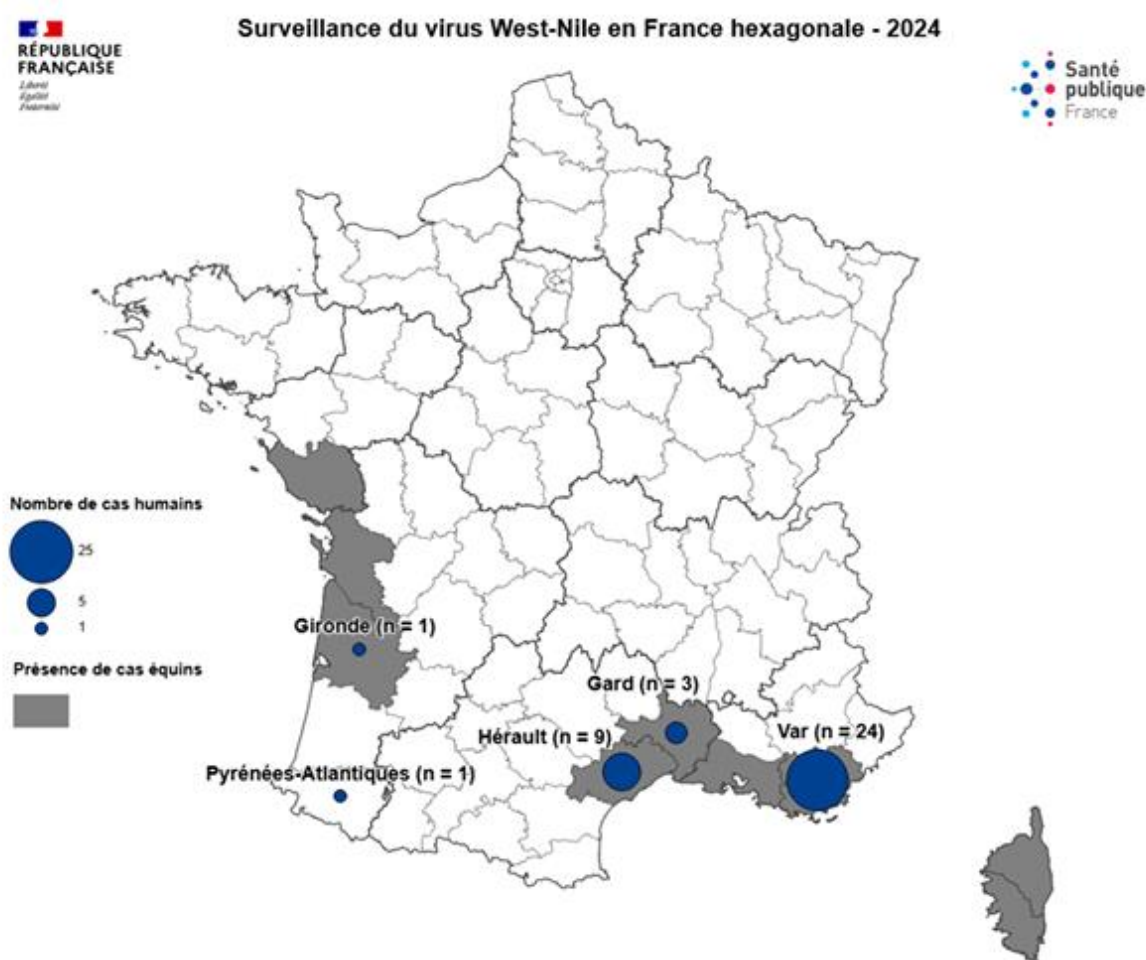


Figure 3 Nombre de cas autochtones d'infection par le virus West Nile en France hexagonale 2024 (santé publique France)

Année	Cas humains	Foyers équins	Cas aviaires	Temp. moy. (mai-août)	Pluviométrie (mm)
2021	7	13	3	21.5°C (+1.2°C vs norm.)	220 mm (-15%)
2022	0	31	12	23.1°C (+2.8°C)	180 mm (-30%)
2023	39	57	18	22.8°C (+2.5°C)	210 mm (-20%)
2024	38	89	5	24.3°C (+3.9°C)	170 mm (-35%)

Tableau 1 : cas de WNO humain équin et aviaire de 2021-2024 en France hexagonale

Analyse des données:

- **2021** : on observe peu de cas humain et équin et ceux notifié vivent autour de points eau et au sud de la France ou la température favorise la prolifération du vecteur
- **2022** : la France a vu des épisodes de Chaleur extrême (+2.8C°) sur le moi de mai-août ce qui en pratique devrait accélérer le cycle de vie du vecteur mais cette chaleur a été associé a une sécheresse et une faible pluviométrie qui elle a limité la formation de gîtes larvaires , c'est pour ça qu'on observe pas de cas humain et peu de cas équin , quant au cas aviaire eux ne sont pas significatif car ils représentent qu'une fraction de oiseaux testé positif sur tout un ensemble du réservoirs sauvages
- **2023 / 2024** : on remarque une explosion de cas humain part rapport a 2022 et 2021 et ceci est supposément due à des vagues de chaleur records (+3.9C°) sur le moi mai-aout en résulte un Cycle viral raccourci chez *Culex pipiens* (passage de 14 à 8 jours à 28°C) et concentration accrue du réservoirs dans les points eau ce qui favorise le contact vecteur-réservoirs et de ce fait une dissémination importante du virus , par ailleurs la chaleur sélectionne la souche virale WNV-2 qui elle est thermorésistante et plus virulente également

VIII.2. Espagne

En 2024, 158 cas humains autochtones de fièvre du Nil occidental (FNO) ont été notifiés en Espagne (dont 142 confirmés et 16 probables), principalement liés à des expositions en Andalousie (118 cas), Estrémadure (39 cas) et Castille-La Manche (1 cas). Parmi ces cas, 84,4% présentaient une forme neuro-invasive de la maladie, avec 20 décès (taux de létalité de 13% parmi les cas symptomatiques). Six cas asymptomatiques ont été détectés via le dépistage des dons de sang. Chez les animaux, 68 foyers équins ont été signalés dans les provinces de Séville (25), Cadix (10), Jaén (8), Malaga (6), Huelva (5), Cáceres (4), Grenade (4), Badajoz (4), Cordoue (1) et Ciudad Real (1). Par ailleurs, 14 oiseaux infectés ont été détectés dans les provinces de Lleida (3), Séville (4), Cadix (2), Huelva (2), Alicante (1), Burgos (1) et Jaén (1). (Meningoencefalitis por virus del Nilo occidental en España. Resumen de la temporada 2024, Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias).

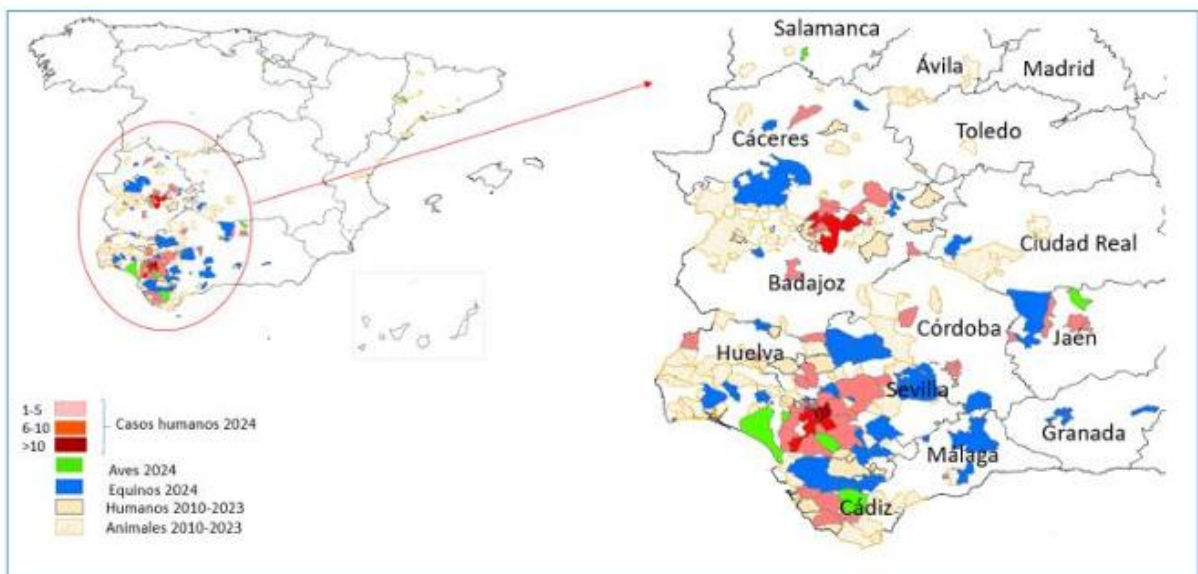


Figure 4 Répartition des cas humains et des foyers équins/aviaires par municipalité en Espagne (2024 et cumul 2010-2023) (Données du Ministère de l'Agriculture (MAPA) et du Réseau National de Surveillance Épidémiologique (RENAVE)

Année	Cas humains	Foyers équins	Oiseaux infectés	Température (mai-août)	Pluviométrie
2021	12	18	45	+1.5°C	-25%
2022	28	37	112	+2.8°C	-40%
2023	62	89	215	+2.3°C	-20%
2024	158	68	183	+4.1°C	-45%

Tableau 2 : cas de WNO humain équin et aviaire de 2021-2024 en Espagne

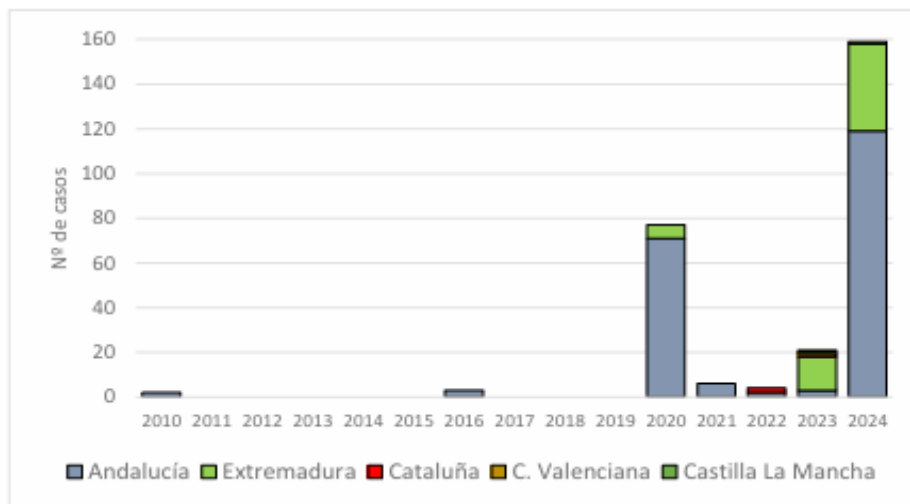


Figure 5 Cas autochtones d'infection par le virus du Nil occidental (VNO), par année et communauté autonome (Ministère de la Santé espagnol / Centre national d'épidémiologie - Données arrêtées au 30/09/2024)

Analyse :

- **2021** : on remarque un nombre faible de cas humain et équin due à des températures modérées (+1.5°C) et une pluviométrie de 25% en dessous de la normale
- **2022** : l'Espagne observe des épisodes de canicule (+2.8°C) et une sécheresse sévère (pluviométrie -40%) en résulte une augmentation modérée des cas par rapport à 2021
- **2023** : un pic épidémique est observé et est due à des orages accrues qui ont favorisé la formation de gîtes larvaires et donc une prolifération accrue du vecteur
- **2024** : le premier cas est apparu 1 semaine plutôt que d'habitude en mai de mars ce qui est relativement très tôt, et c'est due principalement à des températures record enregistrées (+4.5 °C) et une sécheresse extrême (pluviométrie -45%) tout cela a engendré des explosions de cas humains et foyers équin dans le pays

VIII.3. Italie

En 2024 460 cas humains confirmés depuis le début de la surveillance en mai, 272 formes neuro-invasives (dont 147 en Émilie-Romagne, 47 en Vénétie, 20 en Lombardie), 46 cas asymptomatiques détectés chez des donneurs de sang ; 141 cas fébriles (majorité en Vénétie : 90 cas); 20 décès (dont 8 en Vénétie et 3 en Émilie-Romagne) et 26 foyers actifs d'infection par le virus du Nil occidental (WNV) chez les équidés, répartis dans neuf régions : Émilie-Romagne, Lombardie, Vénétie, Piémont, Toscane, Campanie, Pouilles, Abruzzes et Molise.

Année	Cas humains	Foyers équins	Oiseaux testés (positifs)	Temp. moy (mai-août)	Pluviométrie
2021	42	18	600 (85)	+1.2°C	-20%
2022	136	39	1,100 (210)	+3.1°C	-45%
2023	336	72	2,300 (440)	+2.3°C	-15%
2024	460	26	3,000 (520)	+3.9°C	-40%

Tableau 3 : cas de WNO humain équin et aviaire de 2021-2024 en Italie

Analyse:

- 2021 : on note une faible activité du virus en 2021 cela est principalement due à un climat fait en résulte développement lent des moustiques et des gîtes larvaires dispersé grâce d'une pluviométrie normale, dominance de la souche WNV-1
- 2022 : Premier pic épidémique avec 136 cas humain et 39 foyers équins cela est due à une sécheresse extrême (pluviométrie -45%) et température de +3.1°C° que d'habitude, il Ya émergence de la souche WNV-2 qui est plus virulente
- 2023 : Endémisation progressive
- 2024 : explosion des cas humain de 336 en 2023 à 460 en 2024 et 26 foyers équin, c'est due à des épisodes de canicule + 3.9°C° par rapport à la normal, et une sécheresse extrême (-40% pluviométrie)

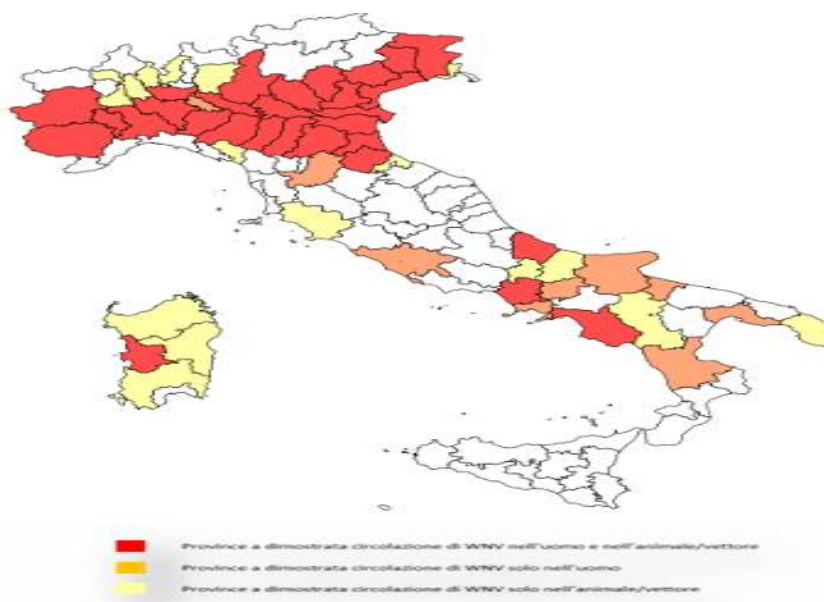


Figure 6 circulation du virus WNV chez des vecteurs, des animaux et des humains en Italie en 2024 (Bulletin n° 18 du 31 octobre 2024 Surveillance intégrée du virus du Nil occidental et du virus Usutu)

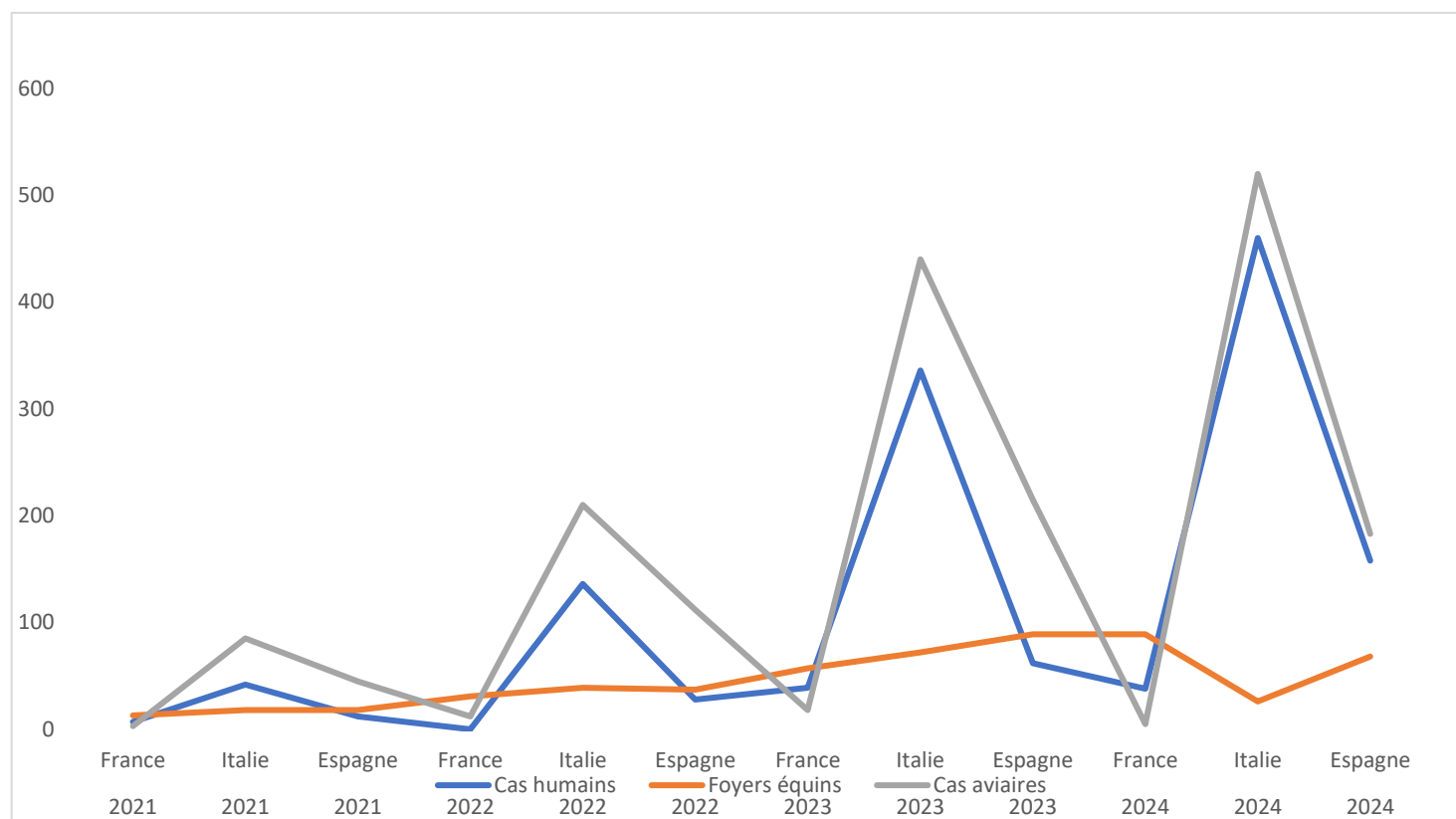


Figure 7 montrant les données quantitatives du VNO comparant les différents pays durant les années 2021-2024

Analyse :

L'analyse des données de surveillance du virus du Nil occidental (VNO) en France, en Italie et en Espagne sur la période 2021–2024 révèle des dynamiques épidémiologiques contrastées entre les pays, avec une tendance générale à la hausse, en particulier en Italie et en Espagne.

L'Italie se distingue par une intensification marquée de la circulation virale. Le nombre de cas humains passe de 42 en 2021 à 460 en 2024, ce qui représente une multiplication par plus de dix. De même, le nombre d'oiseaux positifs augmente fortement, atteignant 520 cas confirmés sur 3 000 testés en 2024, ce qui témoigne d'une large circulation virale dans les populations aviaires. Cette augmentation rapide peut s'expliquer par plusieurs facteurs : conditions climatiques favorables à la prolifération des moustiques vecteurs, densité importante d'oiseaux migrateurs, ou encore une intensification de la surveillance.

En Espagne, une tendance similaire est observée avec une montée progressive des cas humains (12 en 2021 à 158 en 2024) et des foyers équins. Le pic d'oiseaux infectés est atteint en 2023 (215), ce qui pourrait suggérer une année de forte activité vectorielle. L'augmentation régulière dans les trois catégories (humains, équins, oiseaux) reflète probablement une amélioration du système de surveillance, mais aussi une circulation virale plus active dans le pays.

En revanche, la France présente une situation plus hétérogène. Après une absence totale de cas humains en 2022, une résurgence est constatée en 2023 et 2024, avec respectivement 39 et 38 cas. Toutefois, le nombre de foyers équins explose, atteignant 89 en 2024, un chiffre supérieur à ceux observés dans les autres pays cette même année. Le nombre de cas aviaires reste relativement faible, ce qui peut s'expliquer par une surveillance moins intensive sur cette population ou une circulation virale plus localisée.

Globalement, ces données mettent en évidence l'importance d'une surveillance intégrée "One Health", combinant les cas humains, équins et aviaires. L'Italie, avec ses données détaillées sur les oiseaux testés, montre l'intérêt d'une approche proactive et ciblée. L'augmentation constante des cas suggère que le VNO est en train de s'installer durablement dans certaines régions d'Europe, notamment dans le bassin méditerranéen, où les conditions écologiques sont particulièrement propices à la transmission.

VIII.4. Algérie :

VIII.4.1. Chez les équidés

En 2023, au moins six foyers de fièvre du Nil occidental (WNV) ont été confirmés chez des équidés en Algérie entre le 17 septembre et le 23 octobre, selon les données issues du système WAHIS de l'OMSA et de la plateforme MesVaccins.

1. Foyers rapportés au 23 octobre 2023

Un total de six chevaux infectés ont été détectés dans différentes localités du sud-est algérien, avec confirmation sérologique par test ELISA. Les cas étaient répartis comme suit :

- Djamaa (wilaya d'El Oued) : 2 cas
- Sidi Amrane (El Oued) : 1 cas
- Doucen (Biskra) : 1 cas
- Barika (Batna) : 1 cas
- El Hadjab (wilaya voisine de Batna) : 1 cas

Ces cas ont été déclarés officiellement par les autorités sanitaires vétérinaires nationales via le système WAHIS de l'Organisation mondiale de la santé animale (OMSA), conformément aux obligations internationales de surveillance.

VIII.4.2. Chez les oiseaux

Résultats de l'étude selon l'espèce et la prévalence en région de Kabylie (Medrouh et al., 2020) :

1. *Turdus philomelos* (Grive musicienne - espèce migratrice)

- Prévalence globale (c-ELISA) : 12.5 % (11/88)
- Prévalence WNV (MNT) : 8.7 % (8/92)

2. *Passer domesticus* (Moineau domestique - espèce résidente)

- Prévalence globale (c-ELISA) : 1.5 % (1/66)
- Prévalence WNV (MNT) : 4.1 % (3/73)

Prévalence globale WNV (toutes espèces confondues) : 6.7 % (11/165).

La prévalence de WNV était plus élevée chez la grive musicienne (migratrice) que chez le moineau domestique (résident), bien que la différence ne soit pas statistiquement significative (Medrouh et al., 2020).

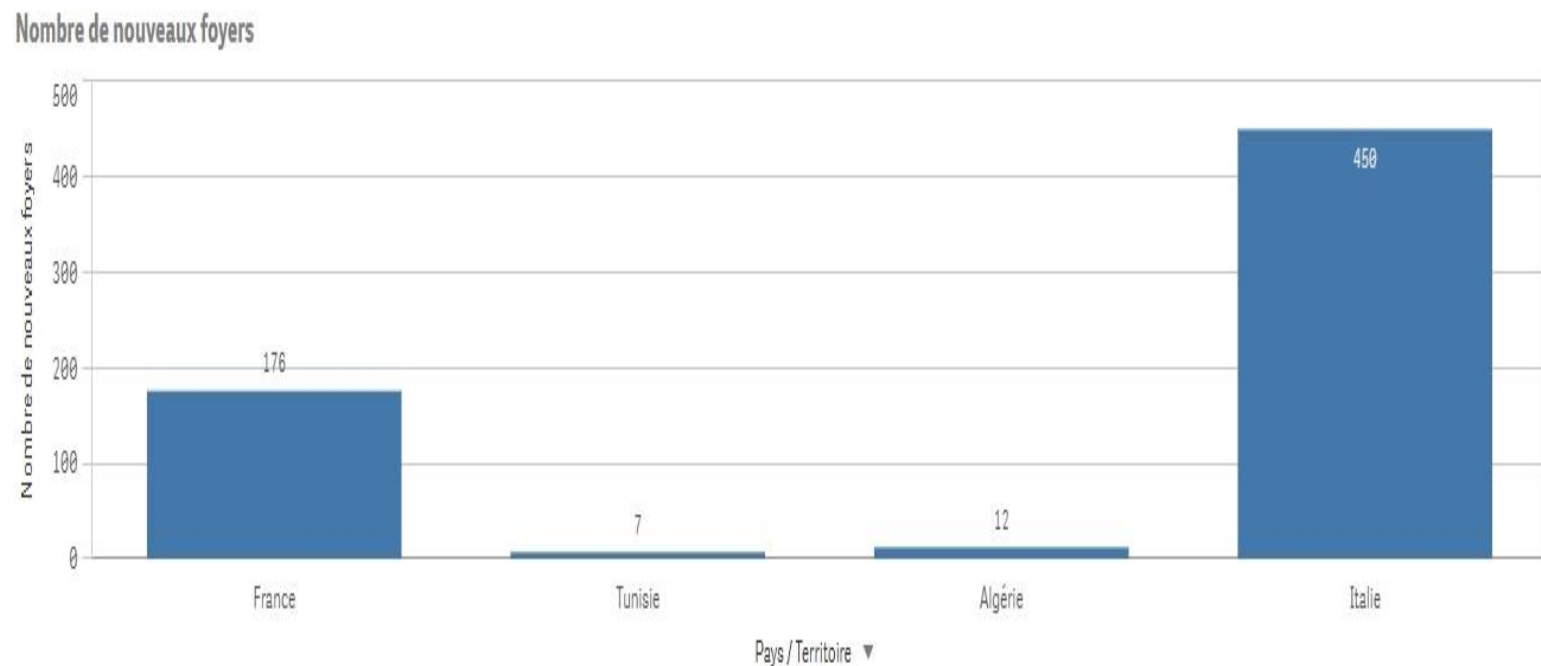


Figure 8 les nouveaux foyers apparus au cours des 6 dernières années dans les pays suivants (France, Tunisie, Algérie, Italie) ©WAHIS

Analyse :

Les données sur le nombre de foyers du virus du Nil occidental (VNO) enregistrés au cours des six dernières années dans quatre pays révèlent une répartition géographique et épidémiologique très inégale, traduisant des niveaux variables de circulation virale et d'efficacité des systèmes de surveillance. L'Italie se démarque très nettement avec un total de 450 foyers, ce qui en fait le pays le plus touché de la région. Cette situation peut s'expliquer par la présence d'un écosystème favorable

à la prolifération des moustiques vecteurs (*Culex pipiens*), une forte densité d'oiseaux migrateurs et un système de surveillance très actif, permettant la détection précoce et fréquente des cas. La France suit avec 178 foyers, un chiffre également important, notamment concentré dans des zones humides comme la Camargue et la Corse, connues pour être des lieux de convergence entre les vecteurs, les hôtes réservoirs et les hôtes sensibles. La Tunisie et l'Algérie présentent respectivement 7 et 12 foyers sur la même période, des chiffres beaucoup plus bas, mais qui ne traduisent pas nécessairement une faible circulation virale. En effet, dans ces deux pays d'Afrique du Nord, la relative rareté des foyers pourrait être liée à une sous-détection ou à une couverture de surveillance plus limitée, bien que la Tunisie se situe sur une route migratoire majeure et que des cas aient été confirmés par sérologie et PCR. L'Algérie, avec ses 12 foyers, montre une émergence progressive du VNO, ce qui appelle à renforcer les capacités de détection, notamment dans les zones humides du nord où les conditions écologiques sont propices. Dans l'ensemble, cette disparité entre pays souligne non seulement les différences de circulation du virus, mais aussi les écarts en termes de surveillance épidémiologique, d'investissement dans les systèmes de santé publique vétérinaire et humaine, et de sensibilisation aux risques zoonotiques. (Riccardo et al., 2020)

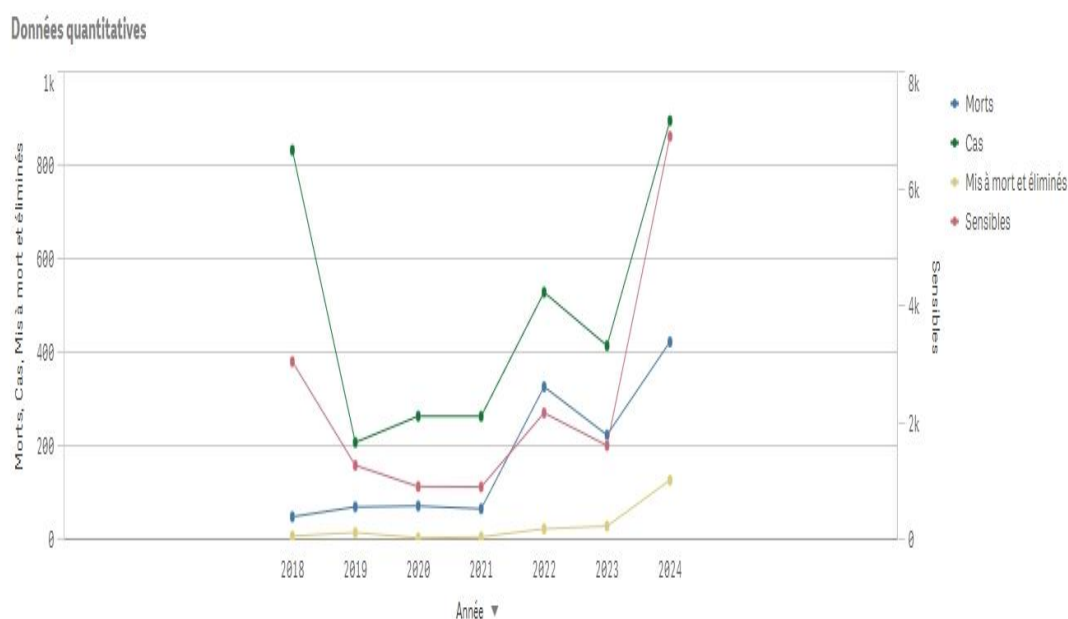


Figure 9 les différents données quantitatives du VNO au cours des 6 dernières années (2018-2024) au monde entier ©WAHIS

Analyse:

Ce qui ressort de manière frappante dans l'évolution récente de l'épidémiologie du virus du Nil occidental (VNO), c'est la flambée des cas observée au cours des dernières années, cumulant en 2024 avec un total de 605 cas animal recensés. Parmi ces cas, 334 ont malheureusement conduit au décès, soit un taux de mortalité particulièrement élevé d'environ 55,2 %, soulignant la sévérité de certaines formes cliniques, notamment les manifestations neuro-invasives. En parallèle, la prévalence de la maladie chez les hôtes sensibles reste préoccupante, avec plus de 3 320 animaux identifiés comme sensibles ou exposés, témoignant d'une circulation virale active dans les écosystèmes partagés par les vecteurs, les réservoirs et les hôtes accidentels. Le taux d'incidence, bien qu'il varie selon les régions touchées, atteint des niveaux significatifs, traduisant à la fois une augmentation du risque vectoriel et une surveillance plus efficace. Ces chiffres confirment l'importance cruciale d'un système de surveillance intégré, associant l'humain, l'animal et l'environnement, afin d'anticiper les épisodes épidémiques et de limiter leur impact sanitaire.

VIII.4.3. Conditions climatiques

En 2023, l'Algérie a connu des conditions climatiques particulièrement propices à la transmission du virus du Nil occidental, avec des vagues de chaleur intenses et une pluviométrie très hétérogène selon les régions. Les températures ont dépassé les 47 °C dans plusieurs wilayas durant l'été, atteignant un record historique de 48,7 °C à Alger en juillet (infoclimat.fr). Ces conditions thermiques extrêmes, couplées à une humidité modérée dans certaines zones sahariennes, ont favorisé la prolifération des moustiques du genre *Culex*, principaux vecteurs du WNV (World Weather Online, 2024). Ce contexte climatique a coïncidé avec l'apparition de six foyers équités de WNV confirmés entre septembre et octobre 2023 dans les wilayas de Biskra, Batna et El Oued, selon les notifications officielles du système WAHIS (WAHIS, 2023) et le suivi épidémiologique national (MesVaccins.net, 2023). Ces régions, combinant températures élevées, zones irriguées et eau stagnante, offrent un écosystème favorable à la reproduction des moustiques vecteurs. La persistance de températures élevées en fin de saison estivale a probablement prolongé la période d'activité vectorielle, retardant la fin du cycle de transmission. Ainsi, les données climatiques de 2023 suggèrent un rôle déterminant dans l'émergence et la dynamique spatio-temporelle des foyers de WNV chez les équidés en Algérie, confirmant les observations faites dans d'autres zones endémiques de la Méditerranée (Semenza & Suk, 2018).

IX. SYNTHÈSE DES DONNÉES CLINIQUE

En 2024, la Méditerranée a connu une circulation marquée du virus du Nil occidental : l'Italie a traversé une lourde épidémie, avec presque 500 cas humains, l'Espagne quand elle a subi un bilan humain sévère (158 cas dont 20 décès), avec une émergence précoce et une forte proportion de formes neuro-invasives. La France, bien que moins touchée, a vu ses 38 cas autochtones augmenter après une période de faible activité depuis 2022. Parallèlement, les équidés et oiseaux ont joué le rôle de sentinelles, révélant de nombreux foyers chez les équidés quant aux données concernant le réservoir ne sont pas significatif car elle représente un maigre pourcentage des oiseaux réellement atteint tant la difficulté de tester l'ensemble des oiseaux sauvages (Saegerman et al., 2016) .

Quant à l'Algérie l'ensemble des données reste flou mais elle n'est pas à l'abri d'émergence ou réémergence du virus du West Nile et d'épisode épidémique , car d'une part elle est située sur la voie paléarctique occidentale empruntée par les oiseaux sauvages réservoirs de la WNO qui risque surtout de disséminer des souches à partir d'Europe lors de sa migration ,et au contraire disséminer le virus à partir de zones endémique d'Afrique à l'Europe (Jourdain et al., 2007), on note aussi un risque géographique sur les Régions côtières du nord (Tizi Ouzou, Béjaïa, Tipaza, Mostaganem) et les Plaines intérieures (Mitidja, vallée de l'Oued Soummam) qui accumule des points d'eau stagnante après les pluies orageuses et favorise un habitat optimale pour le développement du vecteur , d'autre part la sécheresse et les températures élevées sélectionnent une souche plus virulente la WNV-2 qui thermotolérante (Andrade et al., 2011) et induisent un rassemblement des oiseaux au niveau de points d'eau ce qui augmente le contact vecteur-réservoirs et donc le risque de contamination la chaleur raccourcit le cycle viral chez ces derniers (Kilpatrick et al., 2008). Pour conclure le réel risque qui plane sur l'Algérie c'est l'inexistence de programme de lutte et surveillances spécifique à la West Nile qui visent à limiter la propagation de la maladie .

X. CONCLUSION

Dans le cadre d'une étude temporo-spatiale élargie, les récentes observations de circulation active du virus West Nile (WNV) en Méditerranée en 2024, ainsi que des travaux (Medrouh et al. 2020) confirmant sa présence chez les oiseaux sauvages en Algérie, révèlent une menace croissante pour la santé animale et publique. L'allongement des saisons favorables aux vecteurs, exacerbé par le changement climatique (Peñuelas et al., 2009), accroît le risque d'épidémies émergentes, nécessitant une surveillance One Health intégrée associant : une vigilance entomologique renforcée (suivi des populations de *Culex*), une surveillance aviaire ciblée (traçage des oiseaux migrateurs), et une couverture vaccinale équine optimale. Pour une prévention efficace, une modélisation fine des risques climatiques, une gestion proactive des gîtes larvaires et une collaboration transfrontalière (notamment avec la Tunisie et le Maroc) sont indispensables. Ces mesures doivent s'appuyer sur une analyse éco-épidémiologique locale pour anticiper les dynamiques de transmission silencieuse. En conclusion, seule une approche anticipative, croisant écologie, climatologie et santé publique, permettra de contenir la menace flavivirale en Afrique du Nord et de pérenniser des systèmes de surveillance résilients face aux défis climatiques futurs.

XI. REFERENCES :

1. **Andrade, C. C., Maharaj, P. D., Reisen, W. K., & Brault, A. C.** (2011). North American West Nile virus genotype isolates demonstrate differential replicative capacities in response to temperature. *Journal of General Virology*, *92*(11), 2523-2533. <https://doi.org/10.1099/vir.0.032318-0>
2. **Bairlein, F., Dierschke, J., Dierschke, V., Salewski, V., Geiter, O., Hüppop, K., Köppen, U., & Fiedler, W.** (2014). *Atlas des Vogelzugs: Ringfunde deutscher Brut- und Gastvögel* [Atlas of bird migration: Ring recoveries of German breeding and guest birds]. AULA-Verlag.
3. **Bellini, R., Zeller, H., & Van Bortel, W.** (2014). A review of the vector management methods to prevent and control outbreaks of West Nile virus infection and the challenge for Europe. *Parasites & Vectors*, *7*(1), 323. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-323>
4. **Boukhatem, L., Haddad-Boubaker, S., Oussedik-Oumehdi, H., & Lafri, I.** (2022). West Nile virus antibodies in wild birds in Algeria. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, *82*, 101763. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2022.101763>
5. **Cito, F., Narcisi, V., Danzetta, M. L., Iannetti, S., Sabatino, D. D., Bruno, R., Carvelli, A., Atzeni, M., Sauro, F., & Calistri, P.** (2013). Analysis of Surveillance Systems in Place in European Mediterranean Countries for West Nile Virus (WNV) and Rift Valley Fever (RVF). *Transboundary and Emerging Diseases*, *60*(s1), 40-44. <https://doi.org/10.1111/tbed.12124>
6. **Figuerola, J., Jiménez-Clavero, M. A., Rojo, G., Gómez-Tejedor, C., & Soriguer, R.** (2008). Prevalence of West Nile virus neutralizing antibodies in colonial aquatic birds in southern Spain. *Avian Pathology*, *36*(3), 209-212. <https://doi.org/10.1080/03079450701332329>
7. **Hassan, O. A., De Balogh, K., & Winkler, A. S.** (2023). One Health early warning and response system for zoonotic diseases outbreaks: Emphasis on the involvement of grassroots actors. *Veterinary Medicine and Science*, *9*(4), 1881-1889. <https://doi.org/10.1002/vms3.1135>

8. **Isenmann, P., & Moali, A.** (2000). *Les oiseaux d'Algérie / Birds of Algeria*. Société d'Études Ornithologiques de France.
9. **Jourdain, E., Toussaint, Y., Leblond, A., Bicout, D. J., Sabatier, P., & Gauthier-Clerc, M.** (2007). Bird species potentially involved in introduction, amplification, and spread of West Nile virus in a Mediterranean wetland, the Camargue (Southern France). *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, *7*(1), 15-33. <https://doi.org/10.1089/vbz.2006.0543>
10. **Kilpatrick, A. M., Meola, M. A., Moudy, R. M., & Kramer, L. D.** (2008). Temperature, viral genetics, and the transmission of West Nile virus by *Culex pipiens* mosquitoes. *PLoS Pathogens*, *4*(6), e1000092. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000092>
11. **Leblond, A., Hendrikx, P., & Sabatier, P.** (2007). West Nile virus outbreak detection using syndromic monitoring in horses. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, *7*(3), 403-410. <https://doi.org/10.1089/vbz.2006.0593>
12. **Maidana, N. A., & Yang, H. M.** (2008). Assessing the spatial propagation of West Nile virus. *Biophysical Reviews and Letters*, 3(1-2), 227-239. <https://doi.org/10.1142/S179304800800071X>
13. **Malik, E. M., Abdullah, A. I., Mohammed, S. A., Bashir, A. A., Ibrahim, R., Abdalla, A. M., Osman, M. M., Mahmoud, T. A., Alkhidir, M. A., Elgorashi, S. G., Alzain, M. A., Mohamed, O. E., Ismaiel, I. M., Fadelmula, H. F., Magboul, B. A. A., Habibi, M., Sadek, M., Aboushady, A., & Lane, C.** (2022). Structure, functions, performance and gaps of event-based surveillance (EBS) in Sudan, 2021: A cross-sectional review. *Globalization and Health*, *18*(1), 98. <https://doi.org/10.1186/s12992-022-00886-6>
14. **Margeloiu, A., Simidjievski, N., Jamnik, M., & Weller, A.** (2020). Improving interpretability in medical imaging diagnosis using adversarial training (No. arXiv:2012.01166). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2012.01166>
15. **Medrouh, B., Lafri, I., Beck, C., Leulmi, H., Akkou, M., Abbad, L., Lafri, M., Bitam, I., & Lecollinet, S.** (2020). First serological evidence of West Nile virus infection in wild birds in Northern Algeria. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, *69*, 101415. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2020.101415>

16. **Mingione, M., Branda, F., Maruotti, A., Ciccozzi, M., & Mazzoli, S.** (2023). Monitoring the West-Nile virus outbreaks in Italy using open-access data (No. arXiv:2306.02727). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.02727>
17. **Monastiri, A., Mechri, B., Vázquez-González, A., Ar Gouilh, M., Chakroun, M., Loussaief, C., Mastouri, M., Dimassi, N., Boughzala, L., Aouni, M., & Serra-Cobo, J.** (2018). A four-year survey (2011–2014) of West Nile virus infection in humans, mosquitoes and birds, including the 2012 meningoencephalitis outbreak in Tunisia. *Emerging Microbes & Infections*, *7*(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41426-018-0028-y>
18. **Moutailler, S., Valiente Moro, C., Vaumourin, E., Michelet, L., Tran, F. H., Devillers, E., Cosson, J.-F., Gasqui, P., Van Tran Van, Mavingui, P., Vourc'h, G., & Vayssier-Taussat, M.** (2016). Co-infection of ticks: The rule rather than the exception. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(3), e0004539. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004539>
19. **Nilsson, M., Griggs, D., Visbeck, M., & Ringler, C.** (2018). Mapping interactions between the sustainable development goals: Lessons learned and ways forward. *Sustainability Science*, 13(6), 1489–1503. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0604-z>
20. **Patil, R., Singh, S., & Agarwal, S.** (2020). BPGC at SemEval-2020 Task 11: Propaganda detection in news articles with multi-granularity knowledge sharing and linguistic features based ensemble learning (No. arXiv:2006.00593). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.00593>
21. **Peñuelas, J., Rutishauser, T., & Filella, I.** (2009). Phenology feedbacks on climate change. *Science*, *324*(5929), 887-888. <https://doi.org/10.1126/science.1173004>
22. **Petrović, T., Šekler, M., Petrić, D., Lazić, S., Debeljak, Z., Vidanović, D., Ignjatović Ćupina, A., Lazić, G., Lupulović, D., Kolarević, M., & Plavšić, B.** (2018). Methodology and results of integrated WNV surveillance programmes in Serbia. *PLOS ONE*, *13*(4), e0195439. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195439>
23. **Riccardo, F., Bolici, F., Fafangel, M., Jovanovic, V., Socan, M., Klepac, P., Plavsá, D., Vasic, M., Bella, A., Diana, G., Rosi, L., Pezzotti, P., Andrianou, X. D., Di Luca, M., Venturi, G., Maraglino, F., Pervanidou, D., Cenciarelli, O., Baka, A., ... Suk, J.**

- E. (2020). West Nile virus in Europe: After action reviews of preparedness and response to the 2018 transmission season in Italy, Slovenia, Serbia and Greece. *Globalization and Health*, *16*(1), 47. <https://doi.org/10.1186/s12992-020-00568-1>
24. **Saegerman, C., Alba-Casals, A., García-Bocanegra, I., Dal Pozzo, F., & Van Galen, G.** (2016). Clinical sentinel surveillance of equine West Nile fever, Spain. *Transboundary and Emerging Diseases*, *63*(2), 184-193. <https://doi.org/10.1111/tbed.12243>
 25. **Sadeuh-Mba, S. A., Languillat, G., Kenmoe, S., Njouom, R., & Bourhy, H.** (2019). Experimental susceptibility of wild birds to West Nile virus. *Journal of Wildlife Diseases*, *55*(2), 347-357. <https://doi.org/10.7589/2018-02-039>
 26. **Saiz, J.-C., Martín-Acebes, M. A., Blázquez, A. B., Escribano-Romero, E., Poderoso, T., & Jiménez De Oya, N.** (2021). Pathogenicity and virulence of West Nile virus revisited eight decades after its first isolation. *Virulence*, 12(1), 1145-1173. <https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1908740>
 27. **Semenza, J. C., & Suk, J. E.** (2018). Vector-borne diseases and climate change: A European perspective. *FEMS Microbiology Letters*, *365*(2), fnx244. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnx244>
 28. **Ukawuba, I., & Shaman, J.** (2018). Association of spring-summer hydrology and meteorology with human West Nile virus infection in West Texas, USA, 2002–2016. *Parasites & Vectors*, *11*(1), 224. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2781-0>

Site webs:

1. **Infoclimat.** (s. d.). Données climatiques. <https://www.infoclimat.fr>
2. **Istituto Superiore di Sanità.** (2024). *Bollettino West Nile Disease - Aggiornamento 2024* (Rapport n° 18) [PDF]. Epicentro.
https://www.epicentro.iss.it/westnile/bollettino/Bollettino_WND_2024_18.pdf
3. **MesVaccins.net.** (2023). *Épidémie de fièvre du Nil occidental en Algérie.* <https://www.mesvaccins.net/web/news/21390-epidemie-de-fievre-du-nil-occidental-en-algerie>
4. **Ministère de la Santé espagnol.** (2025, janvier). Evaluación rápida del riesgo: Virus del Nilo Occidental en España [Rapport n° ERR-2025-01]. Centre de Coordination des Alertes et Urgences Sanitaires (CCAES).
https://www.sanidad.gob.es/areas/alertasEmergenciasSanitarias/preparacionRespuesta/docs/20250131_ERR_Nilo_Occidental.pdf
5. **WAHIS (World Animal Health Information System).** (2023). *Notification immédiate : Virus du Nil occidental – Algérie.* Organisation mondiale de la santé animale. <https://wahis.woah.org>

Résumé

Le virus du Nil occidental (VNO) est un arbovirus du genre *Flavivirus*, transmis principalement par les moustiques *Culex* et maintenu dans la nature par les oiseaux sauvages. Ce travail vise à analyser la circulation du VNO dans les pays de la voie paléarctique occidentale (Italie, France, Espagne), en comparant leurs données épidémiologiques avec celles de l'Algérie.

L'étude repose sur une analyse spatio-temporelle des cas humains, équins et aviaires entre 2021 et 2024, en lien avec les conditions climatiques (chaleur, sécheresse, précipitations) et la dynamique des oiseaux migrateurs. Elle met en évidence une hausse importante des cas dans le bassin méditerranéen, particulièrement en Italie et en Espagne.

En Algérie, la présence du virus est confirmée chez les chevaux et certains oiseaux sauvages. Cependant, la surveillance reste limitée, ce qui rend difficile l'évaluation du risque réel. L'étude souligne l'urgence de renforcer la veille épidémiologique, en particulier dans les zones humides du nord du pays, pour prévenir une éventuelle épidémie future.

Mots clés : Virus, West Nile, voie paléarctique, méditerranée, changement climatique.

Abstract

West Nile Virus (WNV) is an arbovirus of the *Flavivirus* genus, primarily transmitted by *Culex* mosquitoes and maintained through an enzootic cycle involving wild birds. This work analyzes the circulation of WNV in countries along the Western Palearctic migratory route (Italy, France, Spain), comparing epidemiological data with that of Algeria.

The study includes a spatio-temporal analysis of human, equine, and avian cases from 2021 to 2024, correlated with climatic conditions (heat, drought, rainfall) and bird migration dynamics. The findings reveal a significant rise in WNV cases in the Mediterranean, particularly in Italy and Spain.

In Algeria, WNV has been detected in horses and some wild birds. However, due to limited surveillance and diagnostic capacity, the true extent of virus circulation remains unclear. The study emphasizes the need to enhance epidemiological monitoring, especially in the northern wetlands, to prevent future outbreaks.

Keywords: West Nile virus, Palearctic flyway, Mediterranean, climate change

الملخص

فيروس غرب النيل هو فيروس من جنس فيروس مصفر يُنقل بشكل رئيسي عن طريق بعوض ويُحافظ عليه في الطبيعة من خلال دورة وبائية تشمل الطيور البرية.

يهدف هذا البحث إلى تحليل انتشار الفيروس في دول المسار المهاجري الباليوأركتيكي الغربي (إيطاليا، فرنسا، إسبانيا)، مع مقارنة المعطيات الوبائية في هذه الدول بالوضع في الجزائر.

يعتمد العمل على تحليل زمني ومكاني لحالات الإصابة البشرية والحيوانية والطيور من عام 2021 إلى 2024، مع ربط ذلك بالتغيرات المناخية (الحرارة، الجفاف، الأمطار) وحركة الطيور المهاجرة. وتُظهر النتائج زيادة ملحوظة في عدد الحالات المسجلة، خاصة في إيطاليا وإسبانيا.

أما في الجزائر، فقد تم تسجيل حالات مؤكدة لدى الخيول وبعض الطيور البرية، غير أن ضعف منظومة المراقبة يجعل من الصعب تحديد مدى انتشار الفيروس. ويوصي البحث بضرورة تعزيز نظام الرصد الوبائي، خصوصاً في المناطق الرطبة شمال البلاد، لمنع اندلاع أوبئة مستقبلية.

الكلمات المفتاحية: فيروس غرب النيل، المسار الباليوأركتيكي، البحر الأبيض المتوسط، التغير المناخي