

**Comité de Veille et d'Anticipation des Risques Sanitaires
(COVARS)**

du 23 décembre 2022

**Document de cadrage sur les maladies à
transmission vectorielle (MTV) en France**

Membres du Comité de Veille et d'Anticipation des Risques Sanitaires associés à cet avis :

Brigitte AUTRAN, Présidente, Immunologue
Fabrice CARRAT, Epidémiologiste
Yvanie CAILLE, Association de patients
Simon CAUCHEMEZ, Modélisateur
Julie CONTENTI, Urgentiste
Annabel DESGREGES du LOU, Démographe
Didier FONTENILLE, Entomologiste
Patrick GIRAUDOUX, Eco-épidémiologiste, One Health
Mélanie HEARD, Politiste en santé
Xavier de LAMBALLERIE, Virologue
Thierry LEFRANCOIS, Vétérinaire, One Health
Roger LE GRAND, Vaccins, One Health
Xavier LESCURE, Infectiologue
Bruno LINA, Virologue
Véronique LOYER, Représentante des citoyens
Denis MALVY, Infectiologue
Céline OFFERLE, Association de patients
Olivier SAINT-LARY, Généraliste
Rémy SLAMA, Epidémiologiste

Pour rédiger cet avis, le COVARS a auditionné :

Le Pr Laetitia HUIART, Directrice Scientifique de Santé Publique France (SPF)
Dr Henriette DE VALK, Unité Infections entériques alimentaires et zoonoses à la direction des maladies infectieuses (SPF)
Philippe QUENEL, Professeur honoraire École des hautes études en santé publique (EHESP)
Groupe de Travail vecteurs (GTV) de l'ANSES

Cet avis a été transmis aux autorités nationales le 23 décembre 2022

Comme les autres avis du Comité de Veille et d'Anticipation des Risques Sanitaires, cet avis a vocation à être rendu public.

**Saisine du 29 Septembre 2022 du COVARS
sur les micro-organismes transmissibles influencés par les changements climatiques**

Saisine des Ministères de la Santé et de la Prévention et de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur :

“ Nous souhaiterions disposer d’informations concernant les différents microorganismes transmissibles, qui pourraient au gré ou non des migrations et du réchauffement climatique, se développer sur les territoires français, en métropole et outre-mer. Qu’en est-il en particulier de la résurgence de la poliomyélite, de la diffusion de la dengue, de l’émergence du virus Nipah ? Quels sont les autres points de vigilance sinon d’alertes ? »

POINTS CLES

- Les émergences et épidémies de maladies à transmission vectorielle (MTV) en France sont inéluctables, en raison des changements climatiques, sociologiques, environnementaux, et des évolutions génétiques des agents infectieux, des vecteurs, et des hôtes animaux réservoirs.
- Les MTV sont très nombreuses (>100). La France, en particulier en raison de la diversité socio-écologique de ses territoires, tempérés et tropicaux, en Europe, Pacifique, Océan Indien, Amériques, est particulièrement concernée. Certaines MTV à forts impacts sanitaires, environnementaux, sociaux, comme la dengue, doivent être considérées comme des priorités.
- Il existe de nombreuses espèces d'arthropodes vecteurs d'agents infectieux (moustiques, tiques, phlébotomes, punaises, puces...) chacune avec ses propres spécificités écologiques. Chaque système vectoriel nécessite une approche particulière pour évaluer et limiter la transmission des agents infectieux. Il est donc fondamental d'avoir une approche une seule santé.
- Le changement climatique est une composante importante de l'émergence et de la modification de distribution et d'abondance de vecteurs et de maladies vectorielles, mais n'en n'est pas la seule raison et son impact varie selon les maladies et les socio-écosystèmes.
- Des solutions de contrôle de certaines MTV existent déjà (surveillance, diagnostic, vaccins, médicaments, protection et lutte contre les vecteurs). Pour d'autres de nouveaux moyens de prévention, traitement et contrôle sont en développement, et pour certaines l'absence de stratégie efficace légitiment d'importants efforts de recherche.
- S'il n'est pas possible de surveiller et prévoir toutes les émergences, il est possible d'anticiper les risques, en faisant évoluer la connaissance sur les socio-écosystèmes, leur surveillance, la prévention, le diagnostic, la modélisation, la prise en charge et le traitement des patients, la gestion des cas, foyers et épidémies, en fonction des maladies vectorielles et des changements globaux.
- Il y a une nécessité sanitaire et écologique, et une demande sociétale au développement de stratégies alternatives aux insecticides pour le contrôle des maladies vectorielles.
- Malgré ses nombreux points forts dans le domaine des MTV, la capacité de la France à réagir et contrôler efficacement des émergences ou une augmentation des incidences de MTV, avec les dispositifs actuels reste à consolider.

Introduction

Le COVARS a souhaité, dans ce document général introductif, circonscrire les premiers éléments de réponse à la saisine à la question de la Dengue et d'autres Maladies à Transmission Vectorielles (MTV) posant, au sein des micro-organismes évoqués dans la saisine, les risques sanitaires les plus importants dans les années à venir.

Les maladies vectorielles sont des maladies liées à l'environnement en ce sens qu'elles impliquent des arthropodes vecteurs, souvent des hôtes vertébrés non humains, et qu'elles s'expriment dans les conditions écologiques spécifiques. Certaines des maladies vectorielles qui touchent ou pourraient affecter la France sont soit strictement ou essentiellement humaines, soit des zoonoses. Le COVARS attire l'attention sur des points de vigilance majeurs sur les MTV actuelles et les risques futurs, en particulier liés aux changements globaux en cours pouvant favoriser l'émergence de MTV en France métropolitaine et ultra marine (changements climatiques, couverture forestière, végétalisation des villes, usage de l'eau, échanges internationaux, changements sociaux...) afin que ces changements soient intégrés dans les réflexions devant conduire à des mesures de prévention.

Le COVARS propose une approche systémique des maladies à transmission vectorielle (MTV) dite « une seule santé », prenant en compte conjointement leurs composantes écologiques, sociales et sanitaires.

Après quelques rappels sur les maladies vectorielles humaines et zoonotiques en France, territoires ultra marins compris, et les causes de leurs émergences, le COVARS fait un point sur les facteurs de risque d'émergence et d'épidémies, abordant les aspects prévention, surveillance et contrôle des maladies vectorielles connues, ou prévisibles et à fort impact en distinguant de manière générique les forces et les faiblesses françaises en la matière. Le COVARS souligne le fait que les stratégies de surveillance et de gestion diffèrent selon les vecteurs et l'environnement, et doivent avoir une approche à la fois adaptée et intégrée prenant en compte les nombreuses interactions entre les vecteurs, les hôtes vertébrés, les agents infectieux, et leur environnement biotique et abiotique.

Le COVARS analysera les risques liés aux maladies à transmission vectorielle touchant l'homme dans des avis successifs par vecteur source de groupes de maladies (par ex arboviroses à *Aedes*, à *Culex*, maladies à tiques...) et groupe de risques (par ex végétalisation des villes, biodiversité et risques vectoriel) en fonction des priorités, étant entendu que le comité sera réactif sur tout événement survenant de manière imprévue.

I Rappel sur les maladies humaines et zoonotiques à transmission vectorielle (MTV) et sur les vecteurs

Maladies vectorielles :

Parmi les maladies infectieuses, les maladies vectorielles ont un niveau supplémentaire de complexité en raison du compartiment vecteur. Dans son acceptation restreinte, une maladie vectorielle est due à un agent infectieux transmis à un vertébré, dont les humains, par un arthropode vecteur, insecte ou acarien, qui se nourrit sur ce vertébré. Il existe un grand nombre de maladies humaines et zoonotiques dont les agents infectieux sont transmis aux humains et/ou aux animaux par des vecteurs, y compris en France (voir tableau en annexe 1). Le concept générique de maladies à transmission vectorielle regroupe des situations très différentes en terme de fardeau, d'incidence, de contrôle et d'impacts. Le seul point commun entre le paludisme, dont l'agent infectieux est transmis par moustiques, et qui tue près de 400 000 enfants par an dans le monde, et la Bartonellose à *B. quintana* (fièvre des tranchées) transmise en France par les poux dans les populations de personnes sans domicile fixe, est uniquement la nécessité d'un vecteur pour assurer la transmission. Cette définition exclut la transmission de certains parasites par les mollusques (douve,

bilharziose), et d'agents infectieux par les vertébrés (par exemple : rage par les chiens, fièvres hémorragiques à syndrome rénal et rongeurs). Pour plusieurs maladies vectorielles il existe des vaccins et des traitements. Pour d'autres la seule option est la protection ou la lutte contre les vecteurs.

Arthropode vecteur :

Un arthropode vecteur est un arthropode hématophage (se nourrissant de sang) assurant la transmission d'un agent infectieux (virus, bactérie, parasite) d'un vertébré à un autre vertébré. La plupart du temps l'agent pathogène se réplique à la fois dans le corps du vecteur et chez l'hôte vertébré. Le mode de transmission au vertébré est le plus souvent par piqûre, parfois par déjection (punaises triatomines, *Trypanosoma cruzi* et maladie de Chagas, tiques et certaines rickettsioses) ou régurgitation (puces, *Yersinia pestis* et peste), parfois par combinaison des modes pré-cités. Ces vecteurs peuvent être des puces, des poux, des tiques, des mouches noires, des taons, des mouches tsé-tsé, des punaises, des moucherons, des phlébotomes, des moustiques. (Annexe 1)

Système vectoriel (voir Annexe 2)

Parmi plusieurs milliers d'agents infectieux potentiellement transmis par des vecteurs aux vertébrés, la transmission aux humains n'en représente qu'une petite partie. La transmission d'un agent infectieux est un mécanisme complexe faisant intervenir des filtres de rencontre et de compatibilité, dépendant fortement des conditions environnementales. Ces paramètres ont été modélisés il y a plus de 50 ans sous le nom de modèle Ross – MacDonald. Ils prennent en compte la présence et l'abondance d'une ou plusieurs espèces et populations de vecteurs et d'hôtes vertébrés, humains et animaux, qui dépendent de leur environnement abiotique (dont le climat) et biotique (prédateurs, symbiotes, compétiteurs, etc.), et des actions humaines. La transmission d'un agent infectieux par un vecteur ne se fait que si vecteurs et pathogènes sont compatibles (récepteurs et immunité du vecteur) - c'est le filtre de compatibilité - et si la biologie du vecteur (préférences alimentaires, lieux et cycles d'activité quotidiens et saisonniers, longévité.... - c'est le filtre de rencontre - permettent cette transmission.

Tout système vectoriel est évolutif, non seulement en fonction des changements environnementaux et de l'action des humains, mais aussi en fonction des capacités génétiques évolutives des agents infectieux, des hôtes vertébrés et des vecteurs (un exemple frappant est la sélection rapide de la résistance aux insecticides).

Lutte antivectorielle (LAV):

La lutte contre les MTV se fait, lorsque c'est possible, par les moyens habituels de lutte et de protection contre les maladies infectieuses : vaccins lorsqu'ils existent, médicaments anti-infectieux, limitations des contacts avec le vecteur et l'agent infectieux. La lutte antivectorielle au sens large, est une stratégie complémentaire mais parfois la seule, en l'absence de vaccin et de médicaments anti-infectieux.

La LAV, dans son acception large, incluant la prévention, consiste à surveiller et contrôler l'abondance des espèces et populations vectrices, à diminuer les contacts avec ces vecteurs, à réduire la capacité des vecteurs à transmettre. La LAV inclut la lutte contre les insectes considérés comme nuisibles s'ils sont des vecteurs potentiels ou si la nuisance est un problème de santé publique humaine ou vétérinaire.

La LAV vise le plus souvent à associer différentes stratégies dans une approche intégrée. En France et en Europe, elle est encadrée par des textes règlementaires. Elle s'appuie sur des méthodes différentes selon les vecteurs, les contextes épidémiologiques, écologiques et socio-économiques. Dans une approche intégrée elle inclut la lutte par biocides, la lutte biologique, la lutte génétique, la protection individuelle, l'action sur l'environnement, l'éducation sanitaire, la mobilisation sociale et l'évaluation permanente de toutes ces méthodes, y compris par le suivi des impacts sociaux, économiques et environnementaux.

II FACTEURS DE RISQUES liés aux MTV

Le risque d'émergence, de foyers ou d'épidémie d'une maladie vectorielle dépend de facteurs environnementaux et climatiques, des interactions entre les hôtes vertébrés, les vecteurs et les agents infectieux, et de facteurs socio-anthropologiques.

A. Changements climatiques et environnementaux

Les conditions climatiques et environnementales influencent en grande partie la distribution et l'abondance des arthropodes vecteurs et les hôtes vertébrés, réservoirs des agents infectieux touchant l'homme, et à ce titre, diffèrent selon les continents et les socio-écosystèmes. A titre d'illustration, sur les 3600 espèces de moustiques signalées sur terre, 65 sont présentes en France métropolitaine, et environ 350 dans les territoires ultra marins.

La sensibilité des vecteurs aux changements climatiques et environnementaux est d'autant plus grande qu'ils sont plus « sauvages », c'est à dire adaptés à des milieux pas ou peu habités par les humains. Il est cependant abusif de dire que le risque de maladie vectorielle augmente systématiquement avec les changements climatiques. Par ordre d'intensité on considère :

- *Aedes aegypti* et *albopictus*, le moustique tigre, peu dépendants des changements climatiques car se nourrissent de préférence sur homme, leurs larves se développent essentiellement dans des gites créés par l'homme, souvent en ville. Leur environnement urbain présente des similitudes partout dans le monde. C'est le cas également du moustique « commun », *Culex pipiens*, très adapté à l'homme, et donc cosmopolite.
- Des vecteurs plus « sauvages », comme les *phlébotomes* (vecteurs de leishmanies et d'arbovirus) et les *tiques* (vecteurs d'arbovirus et de bactéries) sont très dépendants d'hôtes non-humains et des variables climatiques. Le changement climatique favorise l'invasion de certaines espèces, puis l'installation et la transmission d'agents infectieux. En effet les stades larvaires, nymphaux et adultes dépendent de l'hygrométrie, de la pluviométrie, de la température et des variations de température. Les variables climatiques ont un impact sur la longévité, les rythmes d'activité, les déplacements, le comportement trophique et de repos des vecteurs, ainsi que la durée de multiplication intrinsèque des agents infectieux dans le vecteur.

Ces changements modifient également le contact potentiel avec les hôtes réservoir vertébrés, oiseaux et mammifères essentiellement, et humains. La distribution des vecteurs et le risques de transmission futurs ont été modélisés pour plusieurs espèces en fonction des scenarii du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Ces aspects seront abordés dans les avis successifs du COVARS sur les groupes de maladies vectorielles.

Certaines espèces de vecteurs, comme *Aedes albopictus*, ont de remarquables capacités adaptatives aux changements, qui permettent leur expansion dans des zones plus chaudes ou plus froides, plus sèches ou plus humides, plus polluées, etc. Récemment la France a été concernée par l'introduction et souvent l'installation de plusieurs vecteurs invasifs tels que *Ae. albopictus*, *Ae. japonicus*, *Ae. koreicus*, *Ae. aegypti* pour les moustiques en Europe, *Ae. scutellaris*, *Anopheles bancroftii* et *Culex gelidus* récemment en Nouvelle Calédonie, *Hyalomma marginatum*, pour les tiques dans le sud de la France métropolitaine.

La présence d'un vecteur, dans un environnement favorable, si c'est une condition nécessaire, n'est cependant pas suffisante pour qu'il y ait transmission d'agent infectieux, tant que les filtres de rencontre, de compatibilité et environnementaux n'ont pas été franchis (annexe 2). Ainsi la Camargue, envahie de moustiques anophèles, et ancienne région très impaludée, n'est plus à risque palustre en raison de l'absence de « rencontre » entre parasites (portés par des humains infectés) et moustiques.

B. Changements liés aux interactions hôte-vecteur-agent infectieux

L'exposition au risque ne peut être envisagée de manière générique pour un pathogène donné mais doit être évaluée dans des contextes géographiques et temporels définis et en fonction de paramètres biotiques et abiotiques qui façonnent une situation éco-épidémiologique spécifique. Ces contextes peuvent évoluer et modifier les contacts entre hôtes, vecteurs et agents infectieux.

1. Typologie des évènements de transmission vectorielle

La transmission "Endémique" recouvre diverses situations. Le paludisme en Guyane, et à Mayotte est endémique, n'impliquant que des humaines et des vecteurs anophèles endémiques. Les virus Toscana ou de l'encéphalite à tique (TBE), circulant en permanence en France métropolitaine, sont endémiques avec une transmission continue qui n'exclut pas des variations d'intensité, voire des épisodes épidémiques indépendamment d'une introduction du pathogène depuis l'extérieur. Le caractère souvent qualifié d'"endémo-épidémique" de la transmission du virus de la dengue dans les DROMs correspond à une combinaison complexe de transmission parfois prolongée du même variant et d'introduction périodique de nouveaux variants. La transmission de la dengue a donc deux composantes : endémique et de ré-émergence, la récurrence des évènements de circulation active étant associée à des variations d'intensité importantes.

La transmission de pathogènes « Ré-Emergents » : des pathogènes à transmission vectorielle peuvent être introduits, à partir d'une zone endémique ou épidémique, dans un territoire préalablement exempt et y circuler de manière active, plus ou moins soutenue. Ainsi le virus Zika a provoqué des épidémies dans des territoires naïfs, comme la Polynésie, les Caraïbes et l'Amérique Latine. Les déterminants de circulation peuvent être similaires (par exemple, circulation essentiellement urbaine du virus Zika en Polynésie et dans la Caraïbe, transmis par le moustique *Ae. aegypti*, et associée à une transmission vectorielle inter-humaine), ou radicalement différents marquant une évolution épidémiologique majeure (par exemple, le virus Zika en Afrique est péri-selvatique, non-urbain et transmis par des moustiques selvatiques et non par *Ae. aegypti*). Le potentiel de ré-émergence est considérable et représente la majorité des épisodes "d'émergence" des dernières décennies. On s'attend en France métropolitaine à l'émergence du virus CCHF, transmis par la tique invasive *Hyalomma marginatum*, dans les prochaines années.

La transmission de pathogènes « Emergents » : exceptionnels, les cas les plus évocateurs correspondant à un pathogène nouveau. L'émergence vraie mérite toutefois considération car il existe un nombre important de pathogènes infectant des vertébrés qui peuvent être véhiculés par des vecteurs anthropophiles.

2. Typologie du risque de MTV

On distingue des situations différentes, associées à des risques et des opportunités de contrôle différentes, permettant de décrire une typologie du risque pour les humains selon :

l'agent infectieux et le système vectoriel:

- Soit les humains ne font pas partie du cycle naturel de l'agent pathogène et sont un « cul de sac » épidémiologique, c'est-à-dire que la piqûre d'un individu infecté n'infecte pas ou peu le vecteur et ne participe pas à la dissémination de la maladie (ex : virus West Nile) : "l'éradication" des cas chez l'homme ne supprime pas le cycle naturel et donc le risque d'infection.
- Soit les humains sont devenus l'hôte principal lors de la transmission épidémique (ex : virus de la dengue, Zika et chikungunya) qui se fait alors par piqûre d'un individu infecté, infection du moustique vecteur et transmission à un ou plusieurs autres individus ("transmission vectorisée inter-humaine") : la maîtrise des cas humains conduit à la disparition du cycle de transmission et donc à la maîtrise du risque.

- Situation "intermédiaire" avec un cycle naturel chez l'animal pouvant persister sans infection humaine et des épisodes de transmission épidémique inter-humaine sporadique (ex : virus de la fièvre jaune et du virus de la fièvre de la vallée du Rift).
- Transmission par des mécanismes "annexes" comme pour le virus de l'encéphalite à tique par les produits laitiers, du virus West Nile par les produits sanguins et les greffes, ou du virus Zika par voie sexuelle.

le degré d'immunité collective : influencé par la taille des épidémies créant une grande diversité de situations et de risques d'émergence à l'origine de cycles épidémiques :

- Epidémies massives, sources d'une immunité collective suffisante pour inhiber quelques années durant la transmission soutenue du virus: le risque et l'intensité potentielle d'une nouvelle circulation du virus est lié à la conjonction d'une ré-introduction du virus et de la baisse de l'immunité en population.
- Epidémies modestes et absence de circulation virale à bas bruit : le risque de transmission repose également sur une ré-introduction virale modulée par la capacité vectorielle des vecteurs locaux, mais non par la faible immunité collective.

situation particulière en France métropolitaine : absence de transmission pérenne malgré de multiples épisodes d'introduction d'agents infectieux à transmission vectorielle (*Plasmodium*, virus dengue) et quelques épisodes de transmission autochtone d'arboviroses, lors d'épidémies en territoires ultra-marins notamment. Le risque lié aux virus de la dengue, chikungunya et Zika et du moustique *Ae. albopictus* dépend actuellement de ré-introductions dans une population de moustiques bien établie soumise à divers paramètres (météorologiques, capacité vectorielle, lutte antivectorielle) pouvant moduler l'intensité de la circulation.

A. Changements socio-anthropologiques et économiques

Les arthropodes vecteurs, les agents infectieux et les hôtes vertébrés, humains compris, sont également dépendants des multiples facteurs socio-économiques.

- Les aspects socio-anthropologiques : Les attitudes, comportements et pratiques à risque des humains face aux vecteurs et aux MTV, largement étudiés pour la dengue, le chikungunya, Zika, le paludisme, la maladie de Chagas, et dans de nombreux systèmes vectoriels et sociétés humaines, ont permis aux opérateurs de santé publique de développer des moyens de prévention adaptés et des outils d'information, d'éducation et de communication recevables par différentes populations et catégories sociales.

- Les transports terrestres, maritimes et aériens permettent la diffusion des agents infectieux, des hôtes réservoir et des vecteurs. Le règlement sanitaire international (RSI) recommande des mesures de surveillance et de contrôle. Depuis 50 ans, *Ae. albopictus* a voyagé entre continents sous forme d'œufs quiescents pouvant persister plusieurs mois en milieu sec (pot de fleur, pneus, etc.), mais une fois installé dans un nouveau milieu ses déplacements se font surtout dans les voitures.

- L'urbanisation, la déforestation, le changement d'usage des sols, mais également les guerres et les crises produisant une défaillance des systèmes de santé publique peuvent être associés à une modification de la transmission des MTV. L'urbanisation croissante (environ 60% de la population mondiale, 75% pour l'UE) favorise certaines espèces vectrices, plutôt anthropophiles (piquant les humains), et en défavorise d'autres plutôt zoophiles (piquant les animaux). L'évolution des villes vers une re-naturation, pourrait entraîner l'installation de nouveaux systèmes vectoriels en ville.

- L'usage des biocides (insecticides), très majoritairement en agriculture, modifie les densités de vecteurs, et crée une pression de sélection qui favorise les résistances aux insecticides, limitant l'arsenal de lutte anti vectorielle.

Une prise de conscience croissante de la société sur la question des maladies vectorielles, pour des raisons sanitaires et de confort (mobilisation citoyenne contre *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*, interrogation sur les maladies à tiques telle que la maladie de Lyme) ou pour des raisons écologiques avec une légitime demande sociétale de réduire l'usage des biocides.

Les couts directs et les impacts négatifs notamment sur le tourisme, liés aux épidémies et à la gestion des foyers d'émergences, sont de plus en plus pris en compte par les services de l'état et les collectivités.

III ELEMENTS DE REFLEXION DU COVARS SUR LES MALADIES A TRANSMISSION VECTORIELLE

Le COVARS attire l'attention des pouvoirs publics sur les paramètres à surveiller et certains éléments critiques pour l'anticipation, la prévention, la préparation nécessaire aux risques sanitaires dus aux MTV. Les points de vigilance ci-dessous sont génériques, mais seront déclinés différemment selon le type d'alerte sanitaire, environnementale ou sociale: augmentation de foyers de dengue en France métropolitaine, émergence de Mayaro en Guyane, foyer périurbain de leishmaniose, épidémie de West Nile, foyers de fièvre hémorragique de Crimée-Congo (CCHF), rejet de la lutte antivectorielle par insecticides, revendications des populations sur les actions à conduire, etc...

A. Risques infectieux passés, actuels et possibles liés aux MTV

Les épidémies passées et actuelles des MTV constituent une base de réflexion au COVARS :

- **La dengue, le Zika, le chikungunya et la fièvre jaune** sont depuis plusieurs décennies des problèmes de santé publique en territoires ultra marins tropicaux, et pourraient le devenir en métropole. A titre d'exemple, après avoir enregistré près de 250 000 cas de chikungunya en 2005-2006, la Réunion a notifié plus de 30 000 cas de dengue en 2021, où cette maladie est maintenant endémique. Plus de 20 000 cas évocateurs de dengue, et 10 décès, ont été signalés en Martinique en 2020. La Guadeloupe observe, fin 2022, une augmentation des cas de dengue (>400 cas). La France métropolitaine est maintenant concernée, avec 65 cas autochtones de dengue en 2022, et de nouveaux cas attendus dans les prochaines années en raison de l'expansion du vecteur *Aedes albopictus*.
- **D'autres virus** transmis aux humains, par des moustiques, des phlébotomes, des tiques, parfois des culicoïdes circulent également, et l'incidence des cas augmente localement en France ou en Europe (West Nile avec près de 1000 cas humains en Europe en 2022, Usutu, CCHF, TBE, Toscana, Oropouche, etc..).
- **Le paludisme** autochtone éliminé de France métropolitaine depuis 1973, reste présent en Guyane et Mayotte, où il a déclenché fortement ces dernières années. Il doit cependant être surveillé, d'autant plus qu'un vecteur invasif progresse dans le monde: *Anopheles stephensi*, pas encore signalé en France), et que les parasites agents du paludisme sont fréquemment importés en France hexagonale et tropicale.
- **D'autres MTV** parasitaires ou bactériennes sont présentes en France et pourraient s'amplifier, ou émerger à la faveur de changement sociétaux et environnementaux: maladie de Chagas, leishmanioses, maladie de Lyme, borréliose et rickettsioses à tiques, puces, poux, (cf Annexe 1)

B. FORCES de la lutte contre les MTV

- **Surveillance:** les MTV requièrent un niveau supplémentaire de vigilance par rapport aux autres maladies infectieuses en raison du compartiment vecteur. La France est parmi les pays ayant un des meilleurs systèmes de surveillance, en général par détection des cas humains, grâce aux centres nationaux de références, aux ARS, à SPF, et d'autres partenaires (comme ArboFrance, PNSE4) permettant d'identifier, puis porter les questions et sujets à forts impacts. La surveillance des MTV animales et zoonotiques est aussi réalisée par la DGAL et ses laboratoires Nationaux de référence (LNR). Les organismes de surveillance et de recherche Français, collaborent à la surveillance internationale avec le ECDC, l'OMS et l'OMSA (organisation mondiale de la santé animale, ex OIE).
- **Détection des signaux faibles :** Dans le cadre de la surveillance réalisée par les CNR, ils identifient les signaux faibles avant l'augmentation des cas cliniques et assurent le suivi clinique des cas. La France dispose en outre d'un vivier d'experts pouvant détecter une circulation d'agents infectieux à bas bruit (entomologistes, cliniciens vétérinaires et médecine humaine, socio-anthropologues, évolutionnistes, écologues, modélisateur des maladies infectieuses, développeurs d'outils de diagnostic et de dépistage ...).
- **Prévention vaccinale:** pour plusieurs MTV touchant la France, d'excellents vaccins humains existent (Fièvre jaune), d'autres sont de plus en plus utilisés (Encéphalite à tiques), certains ont été mis récemment sur le marché (paludisme), dengue, d'autres sont en phase finale de validation (Chikungunya).

- **Traitements :** outre les traitements classiques de MTV (paludisme, leishmaniose...) une recherche active en cours a permis de développer des traitements anti-viraux innovants (anti-viraux directs et anticorps monoclonaux) pour plusieurs MTV touchant la France *et ils doivent faire l'objet d'attention particulière (efficacité, disponibilité, utilisabilité, acceptabilité, résistances génétiques)*
- **Lutte antivectorielle :** de nouvelles approches sont développées en France et dans le monde, parfois avec succès (moustiques transgéniques, technique de l'insecte stérile, pièges à arthropodes, nouveaux répulsifs, sciences participatives, information et communication performantes sur les vecteurs, modification de l'environnement des vecteurs, etc.).
- **Gestion et anticipation des risques liés aux MTV :** Plusieurs efforts ont déjà été menés dans ce sens. Le CNEV (Centre national d'expertise sur les vecteurs, dissous en 2015) et la commission d'enquête parlementaire chargée en 2020 d'évaluer les recherches, la prévention et les politiques publiques à mener contre la propagation des moustiques Aedes et des maladies vectorielles, ont contribué à ces réflexions sur les objectifs, les priorités, les moyens, l'efficience, et l'évaluation des actions.
- **Recherche :** la France dispose d'une importante force de recherche sur les MTV dans les divers organismes de recherche, hôpitaux, Universités. Les différentes plateformes, programmes et réseaux français ont ArboFrance, PEPR prezode, PEPR MIE, Vectopôle Sud et l'ANRS-MIE structuré et donnent une cohérence à cette recherche.¹

C. FAIBLESSES entravant les efforts actuels de prévention, de contrôle et de prise en charge des MTV:

- **Surveillance :** Difficultés d'une surveillance exhaustive. Il persiste des lacunes de surveillance et de connaissances des vecteurs, des hôtes animaux, et des biotopes à risques, ainsi qu'un manque d'intégration entre surveillances humaine et animale.
- **Mesures diagnostiques, thérapeutiques et vaccinales** limitées mais en profonde mutation et méritant une attention particulière.
- **Lutte antivectorielle :** indispensable, elle est insuffisamment adaptée aux divers systèmes vectoriels, à l'avancée des connaissances et des outils, et à la nécessaire réduction de l'utilisation des insecticides. Le décret de 2019 (annexe3) modifie les rôles et les responsabilités en confiant de plus en plus le contrôle des vecteurs à des opérateurs privés, mais ne comporte pas de démarche qualité. La question récurrente de l'efficacité et des impacts non intentionnels, en particulier écologiques, des différentes approches est insuffisamment prise en compte.
- **Gestion du risque lié aux MTV :** l'évaluation du risque, non seulement épidémiologique, mais aussi sociétal et environnemental, depuis sa détection et son évaluation à sa prévention et son traitement, implique de nombreuses disciplines et compétences. Elle est actuellement conduite essentiellement selon une approche par maladies mais il manque une approche intégrative d'"une seule santé".
- **Difficultés de réaction aux évènements extraordinaires :** par exemple dans l'hypothèse de survenue de 200 cas de dengue autochtone en une vingtaine de foyers en métropole au lieu de 65 cas, comme en 2022, dans un contexte de forte tension des opérateurs, SPF et les ARS de PACA et Occitanie. De même la survenue d'une nouvelle épidémie de Chikungunya dans les territoires ultramarins et métropolitains ne pourra probablement pas être simplement gérée par un plan Orsec comme le prévoit le décret n°2019-258 du 29 mars 2019.

¹cf www.anses.fr/fr/content/biblioth%C3%A8que-des-documents-du-cnev-li%C3%A9s-aux-vecteurs-et-%C3%A0-la-lutte-anti-vectorielle,
(2) cf [www2.assemblee-nationale.fr/15/autres-commissions/commissions-d-enquete-de-la-xv-eme-legislature/commission-d-enquete-chargee-d-evaluer-les-recherches-la-prevention-et-les-politiques-publiques-a-mener-contre-la-propagation-des-moustiques-aedes-et-des-maladies-vectorielles/\(block\)/66034](http://www2.assemblee-nationale.fr/15/autres-commissions/commissions-d-enquete-de-la-xv-eme-legislature/commission-d-enquete-chargee-d-evaluer-les-recherches-la-prevention-et-les-politiques-publiques-a-mener-contre-la-propagation-des-moustiques-aedes-et-des-maladies-vectorielles/(block)/66034)

IV Méthodes et Priorités de travail du COVARS sur les MTV:

A. Les méthodes de travail du COVARS

Plusieurs documents de qualité ont été produits par le groupe de travail vecteur de l'ANSES sur les MTV (résistances aux insecticides, pièges à moustiques, protocoles pour l'évaluations des stratégies de LAV ...).

Le COVARS travaillera en étroite interaction avec ce groupe, et avec les services nationaux et régionaux de SPF, et réfléchira aux :

- choix des maladies et des systèmes vectoriels, zones, périodes, modèles de risque et indicateurs où focaliser l'attention.
- approches territoriales de ces systèmes de veille, d'alerte et d'intervention, aux échelles spatiales et temporelles appropriées
- organisation de la surveillance et des stratégies d'intervention, par exemple la dengue en Martinique et en métropole ne relève pas des mêmes approches de surveillance, alerte, gestion.
- répartition des responsabilités pour les stratégies, et le contrôle entre le niveau ministériel, les régions, les opérateurs publics et privés. Qui pilote par temps calme et en tempête, avec quels moyens ?
- engagement coordonné et multisectoriel One Health: Répartition des rôles entre l'ANSES et son GT vecteur, Santé publique France, la DGS et les ARS, les écoles - universités et organismes de recherche, les grands programmes tels que PEPR Prézode et PEPR ANRS MIE.
- amélioration des liens, de la transversalité et des prises de décision, entre les ministères concernés et leurs directions régionales : santé, agriculture, environnement, recherche, pour profiter au mieux des forces d'une approche One Health.
- stratégies diagnostiques, thérapeutiques, et de prévention vaccinale
- efficacité et l'efficience réelle de la lutte antivectorielle, des outils de suivi et d'évaluation et, le cas échéant, les stratégies alternatives aux insecticides, tenant compte de leur impact sur les écosystèmes et la santé humaine.
- rôle de la Recherche dans l'anticipation. Les lacunes de veille et surveillance sont largement dépendantes de manques de connaissances et de recherches dédiées. Parmi toutes les MTV et les vecteurs listés annexe 1, quelles recherches doivent être développées en France et Europe. Quels modèles biologiques, régions et biotopes, périodes, indicateurs faut-il étudier? Des échanges d'information doivent être mis en place entre les réseaux de recherche et les décideurs et l'exécutif. Il est essentiel que des procédures et des habitudes de travail en commun soient mises en place en inter-crise, en anticipation, et non dans l'urgence pendant les crises.

B. Les priorités et premières propositions du COVARS

Le premier avis du COVARS portera sur arboviroses à *Aedes* en France (Dengue, Zika, Chikungunya, fièvre jaune), puisque *i)* c'est une demande explicite de la saisine, *ii)* la dengue a généré le plus de cas parfois sévères, et à fort impact environnemental et sociétal, en France (Outre-mer et hexagone) ces dernières années, après les épidémies importantes de chikungunya et de Zika.

Le choix des autres maladies vectorielles et l'ordre de leur traitement par le COVARS sera fait en fonction des événements en cours et attendus, des risques sanitaires et environnementaux et des préoccupations sociétales: urbanisation, changements climatiques, échanges internationaux, changements sociaux et de comportement des humains, re/de/forestation, usages des sols, usage des biocides. Le COVARS anticipe donc que devront être abordés les risques liés aux :

- Arboviroses à *Culex* incluant les virus West Nile et Usutu: une émergence importante en 2022 en Europe est un sujet d'inquiétude en lien avec l'augmentation attendue de la biodiversité (aviaire et insectes) urbaine.

- Maladies transmises par les Tiques (encéphalite à tique, fièvre hémorragique de Crimée-Congo, maladie de Lyme) : l'expansion actuelle de certaines espèces de tiques, multifactorielle, est liée au changement climatique, aux changements d'usage des sols, à l'augmentation des populations de certains hôtes (ongulés, etc.), à la revégétalisation de certaines zones. De plus les contacts tiques-humains croissent en raison d'une augmentation de la fréquentation d'espaces potentiellement à risque (forêts récréatives, espaces agricoles et ruraux, friches, parcs).
- Autres pathogènes circulant dans des territoires ultra-marins tels que les virus de la fièvre de la vallée du Rift, Oropouche, Ross river etc...

Le COVARS sera également réactif et « agile » en cas de survenue d'une MTV, non anticipée.

Le COVARS abordera, pour les différents modèles biologiques vectoriels, les forces et les faiblesses à améliorer ou développer sur la surveillance, la clinique et le traitement, les vaccins, l'épidémiologie, la protection contre les vecteurs et la lutte antivectorielle, les impacts des maladies et des actions de contrôle, les aspects économiques, sociologiques et anthropologiques, l'évaluation des actions, l'évaluation des risques, le lien avec changements globaux, les facteurs d'évolution, l'anticipation et la modélisation, les recherches à conduire, les nouveaux concepts, données et outils à utiliser en France.). Ainsi le COVARS incitera à développer :

- La vision « une seule santé » intégrant les composantes zoonoses et changements climatiques et écologiques, en particulier via des approches intersectorielles et interministérielles. Un point d'attention doit être porté sur la capacité de détection et de réponse aux signaux faibles et d'alerte.
- La recherche et l'implémentation de mesures diagnostiques, thérapeutiques et vaccinales appropriées en impliquant fortement les équipes de recherche fondamentale et clinique françaises, ainsi que les services de santé dans les territoires.

Seront également pris en compte les risques liés à l'environnement, indépendamment de systèmes vectoriels précis, afin de donner aux décideurs une vision la plus intégrée possible des MTV et de l'impact de la lutte intégrant les notions de risques sociaux liés notamment à la végétalisation de villes en lien avec l'augmentation ou la mitigation du risque vectoriel, l'augmentation de la fréquentation récréative de zones boisées et l'impact écologique de la LAV.

Enfin le COVARS portera une attention particulière à la prise de conscience croissante en France des impacts sanitaires et écologiques des MTV, associée à une demande sociétale de solutions rapides, efficaces, écologiques, peu onéreuses contre les MTV et les vecteurs, en particulier dans les territoires ultra-marins tropicaux, plus impactés. Des associations de patients, de « citoyens contre les moustiques ou les tiques», soulignent l'importance des approches participatives (exemples : https://signalement-moustique.anse.fr/signalement_albopictus/ et <https://www.critique.fr/>). Les citoyens contribuent à la surveillance, aux signalements et parfois à la gestion des vecteurs et des MTV, mais cette participation nécessite d'être rationalisée et d'apporter des réponses aux « quoi, qui, comment, pourquoi, que faire ? ». Le COVARS fera des propositions sur cette mobilisation sociale, en fonction des maladies et des territoires.

ANNEXE 1 Principales maladies humaines et animales à transmission vectorielle

(issu de Duvallet G, Fontenille D, Robert V, eds. 2017. Entomologie médicale et vétérinaire. Marseille-Versailles, : IRD Editions- Quae, 687 p.)

Principales viroses à transmission vectorielle

Parmi les plus de 600 virus transmis par arthropodes seuls quelque uns, significatifs, ou représentatifs sont présentés. Une liste exhaustive est consultable sur le site « www.cdc.gov/arbocat/ »

Agent pathogène	Maladie	Répartition	Principaux vecteurs	Réservoir animal	Principaux autres vertébrés touchés	Mode de contamination par l'arthropode
Virus de la fièvre jaune (Flavivirus)	Fièvre jaune	Afrique et Amérique intertropicales	Moustiques : <i>Aedes</i> , <i>Haemagogus</i>	Singes	Homme	Piqûres
Virus dengue (D1, D2, D3, D4) (Flavivirus)	Dengue	Monde tropical (foyers limités en zone tempérée)	Moustiques <i>Aedes</i>	Aucun (singes pour les virus sauvages)	Homme	Piqûres
Virus West Nile (Flavivirus)	Fièvre à virus West Nile	Tous les continents	Moustiques <i>Culex</i>	Oiseaux	Chevaux, Homme	Piqûres
Virus de l'encéphalite de Saint Louis (Flavivirus)	Encéphalite de Saint-Louis	Amérique du nord	Moustiques <i>Culex</i>	Oiseaux	Homme	Piqûres
Virus de l'encéphalite japonaise (Flavivirus)	Encéphalite japonaise	Asie	Moustiques <i>Culex</i>	Oiseaux	Porcs, Homme	Piqûres
Murray valley (Flavivirus)	Encéphalite de Murray Valley	Papouasie nouvelle Guinée, Australie	Moustiques <i>Culex</i>	Oiseaux	Homme	Piqûres
Virus chikungunya (Alphavirus)	Chikungunya	Monde tropical (foyers limités en zone tempérée)	Moustiques <i>Aedes</i>	Singes	Homme	Piqûres
Virus O'nyong nyong (Alphavirus)	Fièvre à Virus O'nyong nyong	Afrique	Moustiques <i>Anopheles</i>	Aucun connu	Homme	Piqûres
Virus Ross River (Alphavirus)	Maladie du virus Ross River	Australie, îles du pacifique	Moustiques : <i>Culex</i> , <i>Aedes</i>	Marsupiaux	Homme, Bovins, chevaux	Piqûres
Virus de l'encéphalite équine de l'Est (Alphavirus)	Encéphalite équine de l'Est	Amérique	Moustiques <i>Culex</i>	Oiseaux	Chevaux, (Homme)	Piqûres
Virus de l'encéphalite équine de l'Ouest (Alphavirus)	Encéphalite équine de l'Ouest	Amérique	Moustiques <i>Culex</i>	Oiseaux	Chevaux, (Homme)	Piqûres
Virus de l'encéphalite équine du Venezuela (Alphavirus)	Encéphalite équine du Venezuela	Amérique	Moustiques <i>Culex</i>	Oiseaux	Chevaux, (Homme)	Piqûres
Virus Sindbis (groupe) (Alphavirus)	Maladie à virus Sindbis	Europe, Asie, Afrique, Australie	Moustiques <i>Culex</i>	Oiseaux	Homme	Piqûres
Virus de la fièvre de la vallée du Rift	Fièvre de la Vallée du Rift	Afrique	Moustiques	Aucun connu	Ruminants, Homme	Piqûres

(Bunyaviridae)			(>40 espèces. > 5 genres)			
Virus Toscana (Phlebovirus)	Infection à virus Toscana	Pourtour méditerranéen	Phlébotome	Aucun connu	Homme	Piqûres
Fièvre à phlébotomes (Sicile, Naples...) (Phlebovirus)	Fièvre à phlébotomes (fièvre de trois jours, fièvre à papatasi)	Afrique du Nord, Sud de l'Europe, Asie centrale	Phlébotome	Rongeurs ?	Homme	Piqûres
Virus CCHF (Bunyaviridae)	Fièvre hémorragique de Crimée Congo	Afrique, Europe de l'Est, Asie	Tiques (Ixodidae)	Rongeurs, petits ruminants, oiseaux	Homme	Morsures de tiques
Virus des Encéphalites à tiques (Flavivirus)	Encéphalite à tiques	Europe, Asie	Tiques (<i>Ixodes</i>)	Mammifères sauvages	Homme	Morsures de tiques
Virus Powassan (Flavivirus)	Encéphalite Powassan	Amérique du nord	Tique (Ixodidae)	Petits mammifères sauvages	Homme	Morsures de tiques
Virus de la fièvre à tique du Colorado (Coltivirus)	Fièvre à tiques du Colorado	Amérique du nord	Tique (Ixodidae)	Rongeurs	Homme	Morsures de tiques
Virus de la fièvre porcine africaine (Asfarviridae)	Fièvre porcine africaine	Afrique, (Europe, ouest de l'Asie)	Tique (<i>Ornithodoros</i>)	Suidés sauvages	Porcs	Morsures de tiques
Virus Bluetongue (Orbivirus)	Fièvre catarrhale ovine	Afrique, Europe	<i>Culicoides</i>	Petits ruminants	Moutons, caprins, bovins, antilopes, cervidés, dromadaires	Piqûres
Virus African horse sickness (Orbivirus)	Fièvre équine africaine	Afrique (Moyen Orient, Asie)	<i>Culicoides</i> (tiques, moustiques)	Equidés domestiques	Chevaux, Anes	Piqûres
Virus Oropouche (Bunyaviridae)	Fièvre Oropouche	Amérique Centrale et du Sud	<i>Culicoides</i>	Aucun connu	Homme	Piqûres
Virus de la maladie hémorragique épizootique; (Orbivirus)	Maladie hémorragique épizootique	Amériques, Asie, Afrique, Australie	<i>Culicoides</i>	Ruminants domestiques et sauvages	Ruminants domestiques et sauvages	Piqûres
Virus de l'Anémie infectieuse des équidés (lentivirus)	Anémie infectieuse des équidés	Mondiale	Arthropodes piqueurs des genre <i>Tabanus</i> <i>Stomoxys</i> <i>Chrysops</i>	Equidés	Equidés	Piqûres
Virus de la myxomatose (Leporipoxvirus)	Myxomatose	Amériques, Europe, Australie	Vecteurs possibles : puces moustiques simulies tiques	Lagomorphes		Piqûres

Principales bactéries à transmission vectorielle

Il existe plusieurs synthèses présentant les très nombreuses espèces et sous-espèces de *Rickettsia* et de *Borrelia* connues transmises par des poux, des puces, des tiques.

Seules quelques bactéries, significatives ou représentatives, sont listées ci-dessous.

Agent pathogène	Maladie	Répartition	Principaux vecteurs	Réservoir animal	Principaux autres vertébrés touchés	Mode de contamination par l'arthropode
<i>Rickettsia prowasecki</i>	Typhus exanthémique	mondiale	Poux	Aucun connu	Homme	Déjection
<i>Rickettsia typhi</i>	Thyphus murin	mondiale	Puces (<i>Xenopsylla cheopis</i>)	Rongeurs	Homme	Déjection
<i>Rickettsia rickettsi</i>	Fièvre pourprée des Rocheuses	Amérique du nord	Tiques (Ixodidae)	Rongeurs et autres mammifères	Homme	Morsure de tiques
<i>Rickettsia coronii</i>	Fièvre boutonneuse méditerranéenne	Europe, Afrique, Asie	Tiques (Ixodidae)	Mammifères	Homme	Morsure de tiques
<i>Orientia tsutsugamushi</i>	Scrub typhus (thyphus des broussailles)	Asie	Acariens trombidés	Rongeurs	Homme	Morsure d'acariens
<i>Yersina pestis</i>	Peste	Mondiale	Puces (<i>Xenopsylla cheopis</i>)	Rongeurs	Homme	Piqûres et régurgitation
<i>Bartonella bacilliformis</i>	Maladie de Carrión, fièvre de Oroya	Vallées andines d'Amérique du sud	Phlébotomes (<i>Lutzomyia</i>)	Aucun connu	Homme	Piqûres
<i>Bartonella quintana</i>	Infection à <i>Bartonella quintana</i>	Mondiale	Pou de corps	Aucun connu	Homme	Piqûres
<i>Borrelia theilaeiri</i>	Borréliose	Afrique, Amériques, Australie	Tiques (Ixodidae)	Bovins	Moutons, chevaux, cervidés	Morsure de tiques
<i>Borrelia recurrentis</i>	Fièvre récurrente à poux	Afrique	Poux	Aucun connu	Homme	Piqûres
<i>Borrelia duttonii</i> (ou espèces proches)	Fièvre récurrente à tique	Afrique, Asie, Amériques	Tiques (Argasidae, Ornithodoros)	Petits mammifères	Homme	Morsure de tiques
<i>Borrelia burgdorferi</i>	Borreliose de Lyme	Amérique du Nord, Europe, Asie	Tiques <i>Ixodes</i>	Mammifères, oiseaux	Homme	Morsure de tiques
<i>Anaplasma marginale</i>	Anaplasmose	Mondiale	Tiques (et transmission mécanique par diptères)	Ruminants sauvages	Bovins	Morsure de tiques
<i>Cowdria ruminatum</i>	Cowdriose	Afrique, Antilles, Mascareignes	Tiques <i>Amblyomma</i>	Aucun connu	Bovins, caprins, ovins	Morsure de tiques

Principales protozooses à transmission vectorielle

Agent pathogène	Maladie	Répartition	Principaux vecteurs	Réservoir animal	Principaux autres vertébrés touchés	Mode de contamination par l'arthropode
<i>Trypanosoma cruzi</i>	Maladie de Chagas	Amériques	Triatomines	Nombreux mammifères	Homme	Déjections
<i>Trypanosoma congolense</i> et <i>T. vivax</i>	Nagana	Afrique	Glossines (et mécaniquement par stomoxes, tabanides)	Ruminant sauvages	Bétail	Piqûres
<i>Trypanosoma brucei gambiense</i>	Maladie du sommeil	Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale	Glossines	Porc, guib harnaché ?	Homme	Piqûres
<i>Trypanosoma brucei rhodesiense</i>	Maladie du sommeil	Afrique orientale et d'Afrique australe	Glossines	Guib harnaché, Bubale, bétail	Homme	Piqûres
<i>Plasmodium falciparum</i> <i>P. vivax</i> <i>P. malariae</i> <i>P. ovale</i> <i>P. knowlesi</i>	Paludisme	Mondiale (85 % Afrique)	Moustiques <i>Anopheles</i>	Aucun (singes pour <i>P. knowlesi</i>)	Homme	Piqûres
<i>Leishmania</i> complexe Mexicana <i>L. mexicana</i> <i>L. amazonensis</i> <i>L. venezuelensis</i>	Leishmanioses cutanées et cutanéo-muqueuses	Amérique tropicale	Phlébotomes	Rongeurs, chats, opossums,	Homme	Piqûres
<i>Leishmania</i> complexe Tropica <i>L. tropica</i> <i>L. major</i> <i>L. aethiopica</i> <i>L. braziliensis</i> <i>L. guyanensis</i> etc	Leishmaniose cutanées et cutanéo-muqueuses	Amérique tropicale Afrique nord, moyen orient, Asie	Phlébotomes	Rongeurs, chien, mammifères forestiers sud-américains	Homme	Piqûres
<i>Leishmania</i> complexe Donovani <i>L. donovani</i> <i>L. infantum</i> <i>L. chagas</i>	Leishmanioses viscérales (Kala Azar)	Méditerranée, Asie, Afrique, Amérique du sud selon les espèces	Phlébotomes	Rongeurs, chiens, canidés sauvages (selon les foyers)	Homme	Piqûres
<i>Leucocytozoon</i> sp.	Leucocytozoonose	Mondiale en fonction des espèces	Simulies, culicoïdes	Oiseaux		Piqûres
<i>Babesia bigemina</i>	Babésiose (Piroplasmose)	Mondiale tropicale et sub-tropicale	Tiques (<i>Rhipicephalus</i> = <i>Boophilus</i>)	Aucun connu	Bovins	Morsures de tiques
<i>Thelleria annulata</i>	Thélériose	Europe, Afrique, Asie	Tiques	Aucun connu	Bovins	Morsures de tiques
<i>Thelleria equi</i>	Thélériose du cheval	Mondiale	Tiques	Aucun connu	Equins	Morsures de tiques
<i>Besnoitia besnoiti</i>	Besnoidiose	Europe, Afrique, Asie, Amérique du Sud	Transmission mécanique (diptères brachycères)	Aucun connu	Bovins	Piqûres

Principales **helminthioses** ou **filirooses** à transmission vectorielle

Agent pathogène	Maladie	Répartition	Principaux vecteurs	Réservoir animal	Principaux autres vertébrés touchés	Mode de contamination par l'arthropode
<i>Wuchereria bancrofti</i>	Filariose lymphatique	Mondiale tropicale	Moustiques <i>Anopheles</i> , <i>Aedes</i> , <i>Culex</i> selon régions	Aucun connu	Homme	Piqûres
<i>Brugia malayi</i>	Filariose lymphatique	Asie tropicale	Moustiques <i>Anopheles</i> , <i>Mansonia</i> , <i>Aedes</i>	Mammifères sauvages	Homme	Piqûres
<i>Onchocerca volvulus</i>	Onchocercose	Afrique, Amérique tropicale	Simulie	Aucun connu	Homme	Piqûres
<i>Loa loa</i>	Loase	Afrique centrale	Chrysops	Aucun connu (peut être singes)	Homme	Piqûres
<i>Mansonella perstans</i>	Mansonellose	Afrique et Amérique intertropicale	Culicoïdes	Grand singes	Homme	Piqûres
<i>Dirofilaria immitis</i>	Dirofilariose	Mondiale	Moustiques <i>Aedes</i> <i>Anopheles</i> <i>Mansonia</i>	Chats, renards, furets	Chien	Piqûres

ANNEXE 2 : Etre ou ne pas être un vecteur ?

L'histoire des épidémies et des émergences de maladie à transmission vectorielle (MTV), conduisent à considérer les facteurs nécessaires, mais pas toujours suffisants, pour qu'une espèce d'arthropode, initialement négligeable pour la santé humaine, et animale, devienne une préoccupation majeure et un ennemi à combattre.

Tout d'abord, l'arthropode, ou plus précisément une population donnée d'une espèce donnée d'arthropode, doit être capable de transmettre biologiquement ou mécaniquement l'agent infectieux (ou une population ou un génotype de cet agent pathogène). Les mécanismes impliqués dans la vection peuvent varier d'un vecteur à l'autre.

Dans le domaine de l'entomologie vétérinaire et médicale, cette aptitude à transmettre biologiquement un agent pathogène est appelée capacité vectorielle. La capacité inclut la compétence vectorielle, qui est le fait qu'un arthropode s'infecte lui-même après l'ingestion d'un repas de sang infecté, puis transmette ultérieurement l'agent pathogène, généralement par sa salive, mais parfois par régurgitation ou défécation. Les deux termes, capacité vectorielle et compétence vectorielle, ont été formalisés depuis MacDonald (1957), et comprennent des paramètres liés à la densité du vecteur (m), à la fréquence des repas sanguins et aux préférences trophiques (a), à la longévité (p), au temps nécessaire à l'agent infectieux pour achever son développement chez l'arthropode, de l'ingestion (n), à l'infectiosité du vecteur pour l'hôte vertébré (b), à la sensibilité de l'hôte vertébré au pathogène (c) et à la durée infectieuse de l'hôte vertébré (r). De nombreux autres facteurs y contribuent également, tels que la transmission des agents pathogènes entre les générations, la biologie des stades non hématophages, la compétition, la prédation, etc. La connaissance des valeurs de ces paramètres permet d'estimer le nombre de reproduction de base du virus, R_0 , qui est le nombre total de cas dérivés d'un cas infectieux que la population de vecteurs distribuerait à des hôtes vertébrés.

$$R_0 = (ma^2 \times p^n / -\ln p) \times b \times c \times 1/r$$

Ces caractères biologiques intrinsèques des arthropodes ne sont pas suffisants pour en faire des vecteurs. Des facteurs environnementaux permettent, ou non, au potentiel vectoriel de se développer. Selon Combes (Combes, 1995), la spécificité de l'interaction vecteur-pathogène passe par quatre étapes, qu'il a nommées filtres de rencontre et de compatibilité. Ces quatre étapes sont les suivantes : (1) coexister dans l'espace et le temps, (2) se rencontrer (facteurs comportementaux), (3) se reconnaître (spécificité, récepteurs), et (4) s'accepter (sensibilité, immunité).

Tous ces paramètres de la capacité vectorielle sont soumis à la dérive génétique et à des pressions de sélection, et évoluent dans le temps et l'espace. Un excellent exemple est la récente pandémie de fièvre Zika, dont le virus a été transmis dans le monde entier par des populations très différentes d'*Aedes aegypti*, les populations invasives (en Amérique et Asie) se révélant de meilleurs vecteurs du virus Zika que les populations ancestrales d'Afrique.

La reconnaissance, la susceptibilité et la spécificité sont des composantes de l'immunité des arthropodes. C'est dans les années 1960 que les scientifiques ont réellement commencé à étudier les mécanismes immunitaires des arthropodes. Leur système immunitaire est activé lorsque l'arthropode interagit avec un agent biologique "non-soi". Il peut s'agir d'un agent infectieux pour l'arthropode (virus, bactérie, phytoplasmes, champignon, parasite, parasitoïde), ou d'un agent infectieux transmis par l'arthropode, qui est alors vecteur.

Dans ce cas l'agent infectieux n'est pas détruit par l'arthropode après ingestion, mais il peut se répliquer dans son corps, parfois atteignant les glandes salivaires ou en restant dans le cibarium, et est ensuite transmis à un autre hôte. Des mécanismes de tolérance ou d'échappement ont donc été sélectionnés tant par l'agent infectieux que par son vecteur.

En dehors des barrières physiques (cuticule, épithélia digestif, respiratoire, sexuel, ...), les mécanismes immunitaires sont soit cellulaires (phagocytose, nodulation, encapsulation ou via des molécules produites par les hématocytes), soit humoraux et responsables de la production de protéines comme la prophénoloxydase ou les peptides antimicrobiens. Les principales voies immunitaires sont Toll, Imd, JAK/STAT, RNAi. L'activation différentielle de ces voies dépend de l'espèce d'arthropode et de son interaction avec des champignons, des parasites, des bactéries, des phytoplasmes ou des virus.

Toutes les conditions ci-dessus nécessaires à une transmission efficace sont rarement réunies, et on comprend donc pourquoi le fait d'être un vecteur est une exception. Compte tenu du très grand nombre

d'espèces de vecteurs potentiels et du très grand nombre d'agents pathogènes, nous ne sommes finalement confrontés qu'à un nombre limité de cycles dangereux. Ces cycles qui ont réussi (du point de vue du pathogène) ne sont qu'une toute petite fraction des milliers, voire des millions, d'autres cycles potentiels qui ont échoué (Fontenille et Powell, 2020). La compréhension des cycles efficaces actuels nous permet ainsi de concevoir les futurs cycles possibles.

Références

- G. Macdonald, *The Epidemiology and Control of Malaria*, Oxford University Press: Oxford, UK, 1957.
- C. Combes, 1995. *Interactions durables. Ecologie et évolution du parasitisme*, Collection écologie. Masson, Paris
- D. Fontenille, J.R. Powell, From Anonymous to Public Enemy: How Does a Mosquito Become a Feared Arbovirus Vector?, *Pathogens*, 9 (4) (2020).

ANNEXE 3: Cadres réglementaires pour les vecteurs, moustiques, et « nuisants »

Le cadre français,

La gouvernance de la lutte antivectorielle a été redéfinie par le décret n° 2019-258 du 29 mars 2019 relatif à la prévention des maladies vectorielles. Ainsi, ce décret :

- confie aux ARS les missions de surveillance entomologique et d'intervention autour des nouvelles implantations de moustiques et des cas suspects pour prévenir les épidémies de maladies vectorielles ainsi que d'autres mesures de prévention et d'information. Les ARS exécutent directement les mesures nécessaires à la LAV ou les confient aux opérateurs existants tout en assurant leur financement,
- fait reposer la gestion des épidémies de MTV sur le dispositif Orsec, notamment pour faciliter la mobilisation de l'ensemble des acteurs par les préfets,
- rappelle le rôle essentiel du maire pour limiter la prolifération des moustiques sur son territoire,
- redéfinit les missions de l'Anses en lui confiant la coordination de l'expertise sur les vecteurs.

Dans ce cadre les conseils départementaux sont recentrés sur leur mission de démoustication pour lutter contre les nuisances au titre de la loi n° 64-1246 du 16 décembre 1964 relative à la lutte contre les moustiques. L'arrêté du 23 juillet 2019 fixant la liste des départements où est constatée l'existence de conditions entraînant le développement ou un risque de développement de maladies humaines transmises par l'intermédiaire de moustiques et constituant une menace pour la santé de la population a classé l'ensemble des départements comme à risque de développement d'arboviroses.

La lutte contre ces insectes nuisants, comme la lutte contre les vecteurs, peut avoir des implications écologiques, en particulier sur les chaînes trophiques, sanitaires, et socio-économiques, qui méritent que l'état s'en préoccupe, au-delà des collectivités locales. La diffusion de substances chimiques telles que les insecticides dans l'environnement, combinée aux milliers d'autres substances provenant d'autres sources, dont l'impact individuel est le plus souvent insuffisamment évalué, et l'impact en "cocktail" pratiquement jamais, pose de plus en plus de questions sanitaires et écologiques irrésolues.

Le cadre européen et mondial (directives, collaborations et partenariats)

Il existe des réglementations européennes et onusiennes concernant la surveillance, l'alerte, la gestion des MTV. Ces réglementations sont suivies par la France, par exemple en ce qui concerne le règlement sanitaire international, la non utilisation de nombreux biocides en santé publique et lutte antivectorielle (y compris le CO₂ utilisé dans des pièges à moustiques), la non utilisation d'insectes génétiquement modifié en lutte antivectorielle. L'European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) et l'OMS sont à ce titre des partenaires importants.

En terme de recherche, comme pour toutes les maladies infectieuses, il existe de nombreux réseaux internationaux de recherche, soutenus par la France, l'Europe, des organismes et fondations internationaux, dans lesquels les équipes françaises sont très impliquées (par exemple VectorNet, Infravec, MediLabSecure, etc)