



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT

Une seule santé

Maladies animales émergentes sous surveillance

Dossier de presse • Mars 2021



Sommaire

Introduction, pages 3 à 5

« Une gouvernance de la santé basée sur le concept One Health est plus que jamais nécessaire pour gérer les émergences ». Entretien avec Thierry Lefrançois, directeur du département Systèmes biologiques du Cirad, pages 6 et 7

Ces épidémies animales qui déciment des élevages partout dans le monde, pages 8 à 13

Zoonoses émergentes ou ré-émergentes, ces maladies qui passent de l'animal à l'humain

Ces animaux réservoirs de virus transmissibles à l'être humain, pages 14 à 17

Ces insectes vecteurs de maladies pour l'être humain et l'animal :

les maladies vectorielles, pages 18 à 21

L'antibiorésistance : une menace globale, pages 22 et 23

Comment améliorer la santé de tous ? Peut-on prévenir plutôt que guérir ?

Questions / Réponses avec nos experts

1 > Quels sont les liens entre dégradation de l'environnement, de la biodiversité et les émergences de maladies infectieuses animales et humaines ? page 24

2 > À quel moment les contacts humains-animaux sont-ils rapprochés et comportent-ils des risques de transmission de maladies ? page 25

3 > Peut-on prévenir ou surveiller l'émergence ou la ré-émergence de maladies ? pages 26 à 28

4 > Comment réduire la pression « parasitaire » ? Peut-on éradiquer une maladie ? page 29

5 > Comment améliorer la santé de tous ? page 30

« Les épidémies qui nous frappent nous poussent à repenser nos modes de production agricole et de consommation alimentaire ».

Conclusion d'Élisabeth Claverie de Saint Martin, présidente-directrice générale du Cirad, page 31

Ressources bibliographiques, page 32



Le Cirad est l'organisme français de recherche agronomique et de coopération internationale pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes.

Contact

presse@cirad.fr

Direction de publication : Marie-Laurence Pouxviel

Coordination éditoriale : Sophie Della Mussia

Rédaction : Ysaline Sanguine

Coordination graphique : Patricia Doucet

Illustrations : Delphine Guard-Lavastre

Infographies : Agropolis, Patricia Doucet, Marie Rousse

Avec ses partenaires, il co-construit des connaissances et des solutions pour inventer des agricultures résilientes dans un monde plus durable et solidaire. Il mobilise la science, l'innovation et la formation afin d'atteindre les Objectifs du Développement Durable. Il met son expertise au service de tous, des producteurs aux politiques publiques, pour favoriser la protection de la biodiversité, les transitions agroécologiques, la durabilité des systèmes alimentaires durables, la santé (des plantes, des animaux et des écosystèmes), le développement durable des territoires ruraux et leur résilience face au changement climatique. Présent sur tous les continents dans une cinquantaine de pays, le Cirad s'appuie sur les compétences de ses 1 650 salariés, dont 1 140 scientifiques, ainsi que sur un réseau mondial de 200 partenaires. Il apporte son soutien à la diplomatie scientifique de la France.

Introduction



Qu'est-ce qu'une maladie émergente ou ré-émergente ?

Une maladie infectieuse émergente est une infection récemment apparue dans une population dont l'incidence ou la zone géographique augmente rapidement. Une maladie ré-émergente est une maladie qui a déjà été émergente et qui le redevient.



© J. C. Maillard, Cirad

75 %
des maladies
infectieuses
émergentes
chez l'humain
proviennent
du monde
animal.

L'épidémie mondiale causée par le SARS-CoV-2 nous a pris par surprise. La crise sanitaire qu'elle a engendrée a démontré la vulnérabilité de nos sociétés face à l'émergence d'un nouveau pathogène infectieux et hautement transmissible. Pourtant, la communauté scientifique lance des cris d'alertes depuis plusieurs années déjà : le nombre d'événements relatifs à l'émergence de nouvelles maladies infectieuses augmente de façon régulière depuis les années 1940. Jusqu'aux années 2000, ces événements auraient même plus que triplé.

Les responsables de ces maladies nouvelles sont majoritairement des virus et des bactéries dont de nombreux circulent chez les espèces animales.

Les animaux sauvages et les animaux d'élevage sont une source importante d'agents pathogènes. Certains sont infectieux pour l'être humain et entraînent des problèmes sanitaires, d'autres le sont pour nos animaux domestiques et déciment les élevages. Quelles sont ces nouvelles maladies infectieuses animales, dont certaines, transmissibles à l'être humain (zoonoses), sont responsables d'épidémies voire de pandémie ? Comment le travail du Cirad permet d'améliorer la lutte contre l'émergence de ces maladies ?

Quels sont les risques de transmission et comment les limiter ?

Quelles étapes entre l'émergence d'une maladie, sa diffusion et une pandémie ?

Lorsque le virus est passé à l'être humain, quelles mesures prendre pour éviter sa diffusion au reste de la population ?

Comment ces virus peuvent passer de l'animal à l'être humain ?

Autant de questions sur lesquelles planchent les scientifiques du Cirad.

Ils s'intéressent à la fois aux :

> Agents **pathogènes** (virus, bactéries, ...), à leurs diversités et capacités évolutives, ainsi que de leur circulation au sein d'insectes **vecteurs** (moustiques, tiques,...) et **hôtes** (animaux d'élevage ou faune sauvage),

> Interactions entre les êtres **humains** et les **animaux sauvages ou domestiques**, qui génèrent l'émergence et la diffusion de nouvelles maladies,

> Moyens de **surveiller**, de contenir les émergences de maladies, et de les contrôler.

© B. Faye, Cirad



© J. C. Maillard, Cirad



© D. Louppe, Cirad



© N. Ciadella, Cirad



Les travaux du Cirad sont guidés par les approches intégrées de la santé dites « One Health »

Les travaux de recherche du Cirad sont guidés par les **approches intégrées de la santé, dites « One Health » ou « EcoHealth »**, qui prennent en compte l'interdépendance de la santé des écosystèmes, des plantes, des animaux et des êtres humains.



Quelles sont les différentes approches « Une seule santé » ?

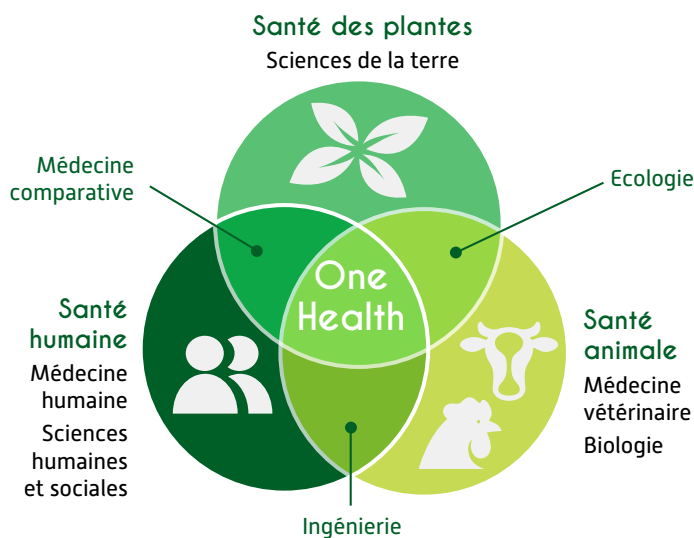
One Health > Approche qui vise à prendre en compte les relations entre la santé humaine, la santé animale et les écosystèmes. Elle fait le lien entre l'écologie et la médecine humaine et vétérinaire.

EcoHealth > Concept d'écologie de la santé qui intègre les effets de la contamination de l'environnement pour la santé humaine.

Planetary Health > Autre approche écosystémique de la santé, semblable à la notion d'Eco Health, et qui étudie la santé des sociétés humaines en même temps que l'état des systèmes naturels dont elles dépendent.

Au sein de réseaux collaboratifs entre vétérinaires, scientifiques de toutes disciplines, professionnels de la santé et population locale, les chercheurs du Cirad mobilisent leur expertise notamment sur :

- > Les **maladies animales responsables d'épizooties** qui se diffusent mondialement dans les élevages comme la peste porcine africaine, la peste des petits ruminants, ou ré-émergent régulièrement à travers de nouvelles souches comme les influenza aviaire et porcine.
- > Les **zoonoses émergentes**, qui circulent **au sein des animaux d'élevage, de la faune sauvage**, (comme MERS-CoV, la Fièvre Nipah,...) ou **d'insectes vecteurs** (comme la fièvre du Nil occidental, Usutu, Fièvre de la vallée du Rift, l'encéphalite japonaise...)
- > Le phénomène d'**antibiorésistance** (résistance des bactéries aux antibiotiques) qui cause chaque année plus de 700 000 morts dans le monde et les alternatives aux antibiotiques en élevage et aquaculture.
- > Le phénomène des **émergences**, et la **réflexion globale pour éviter les pandémies**, en faisant avancer les approches intégrées de la santé, incluant la santé des plantes et des écosystèmes, de l'échelle locale à l'échelle internationale.

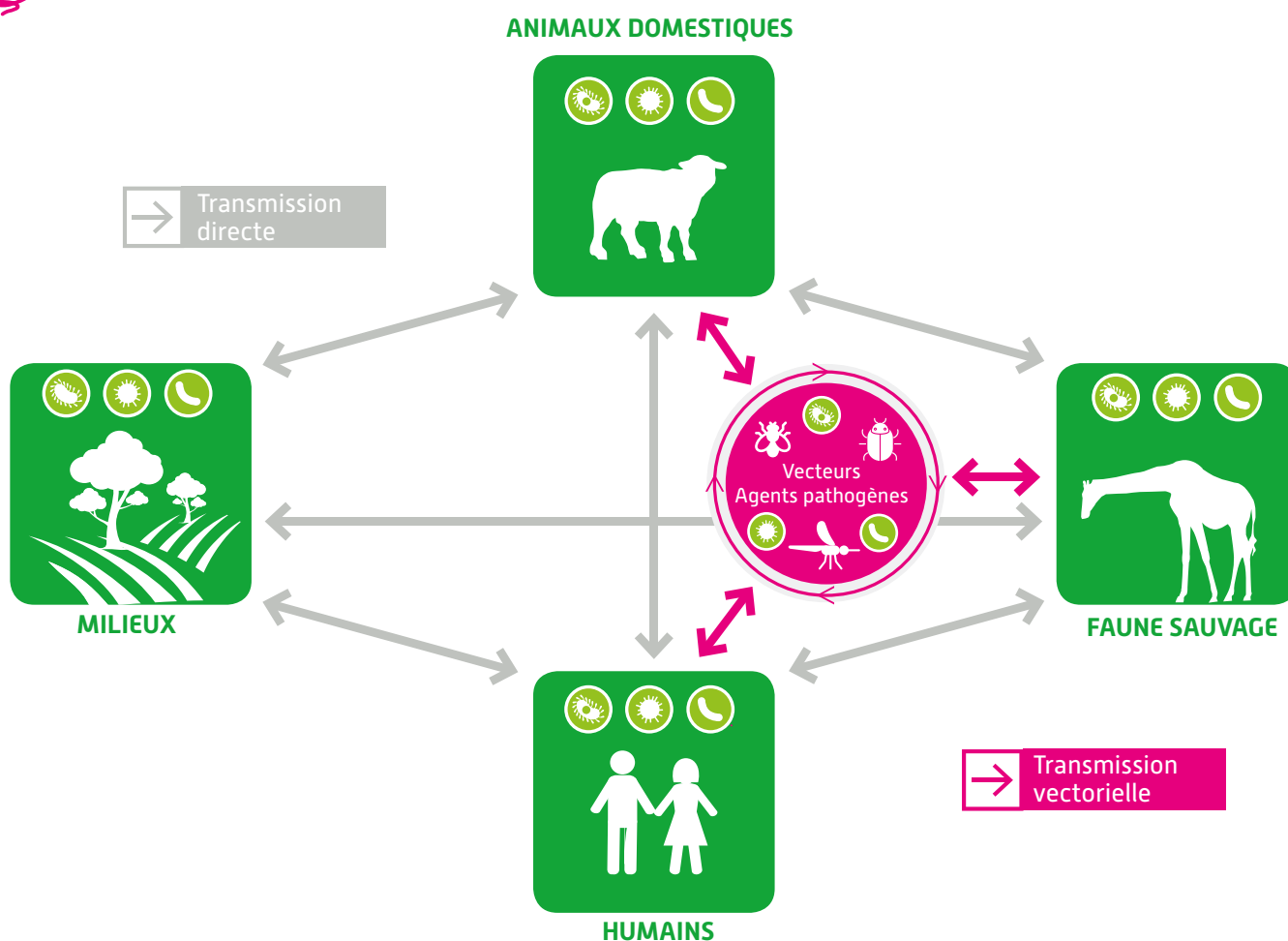


© L. Balberini, Cirad

Maladies animales émergentes sous surveillance



Comment se transmet une maladie infectieuse ?



Un hôte est un organisme vivant au sein duquel un agent pathogène réalise tout ou une partie de son cycle de vie.

Un agent pathogène est un microorganisme, comme un virus, une bactérie, etc. capable de causer une maladie chez un être vivant (ici, animal ou humain).

Un vecteur est, dans le domaine animal, généralement un arthropode hématophage (moustique, tique, phlébotome, glossine, etc.). Le vecteur s'infecte en piquant un hôte porteur d'un agent pathogène, puis transmet l'agent infectieux à un nouvel hôte à l'occasion d'une autre piqûre.

Un réservoir est un organisme ou un milieu au sein duquel un agent pathogène est capable de se maintenir dans l'environnement au cours du temps.

Les interfaces sont les zones de contact possibles entre les agents pathogènes et leur hôtes.

d'après Les dossiers d'Agropolis international, numéro 25, décembre 2019.



Qu'est-ce qu'une zoonose ?

Aujourd'hui, on définit une zoonose (ou maladie zoonotique) comme une maladie infectieuse ou parasitaire dont les agents microbiens ou parasitaires se transmettent naturellement entre les humains et les animaux. Ces agents peuvent être des micro-organismes (bactéries, virus, champignons microscopiques, protistes protozoaires, prions) ou des parasites de plus grande

taille (tels que des vers helminthes ou des arthropodes parasites). Ces agents ne seront pathogènes que dans certaines conditions, chez certaines espèces et chez certains individus. C'est l'interaction entre l'agent et l'hôte, c'est-à-dire l'individu infecté, qui induit la pathogénicité. (Extraits de l'ouvrage *Les zoonoses, ces maladies qui nous lient aux animaux*, Quae, 2021).

Entretien

Thierry Lefrançois, expert des approches One Health au Cirad



© Franck Dunouau

« Une gouvernance de la santé basée sur le concept One Health est plus que jamais nécessaire pour gérer les émergences »

Détecter rapidement les maladies qui émergent chez l'être humain mais aussi chez l'animal pour agir vite en local et alerter plus largement. Ce sont deux des leviers que vous préconisez avec neuf autres experts, dans une Tribune au Monde pour que les émergences ne deviennent pas des pandémies. Pouvez-vous nous donner des preuves que cela peut fonctionner ?

Thierry Lefrançois : Plusieurs réseaux régionaux multipays, créés par le Cirad, associant vétérinaires, chercheurs, et autres acteurs de la santé, ont fait leurs preuves pour limiter l'entrée de maladies animales sur des territoires ou les contrôler, notamment parce qu'ils appliquent le concept « One Health ».

C'est le cas par exemple de deux réseaux coordonnés depuis deux départements d'outre-mer français. Le réseau CaribVET, animé par le Cirad depuis la Guadeloupe, qui regroupe les directions des services vétérinaires de 33 pays et territoires ainsi que les organisations internationales et régionales et les organismes de recherche et universités de la zone. Le réseau One Health-Océan Indien, animé par le Cirad depuis La Réunion et associé au réseau Sega One Health, qui regroupe les directions de services vétérinaires, les services de santé humaines et les organismes de recherche des cinq pays de la Commission de l'océan Indien.

Les différentes actions coordonnées par CaribVET sur l'influenza aviaire ont contribué à éviter l'entrée de la maladie en 2016 dans les Caraïbes via un système d'alerte précoce et un renforcement de la vigilance aux frontières.

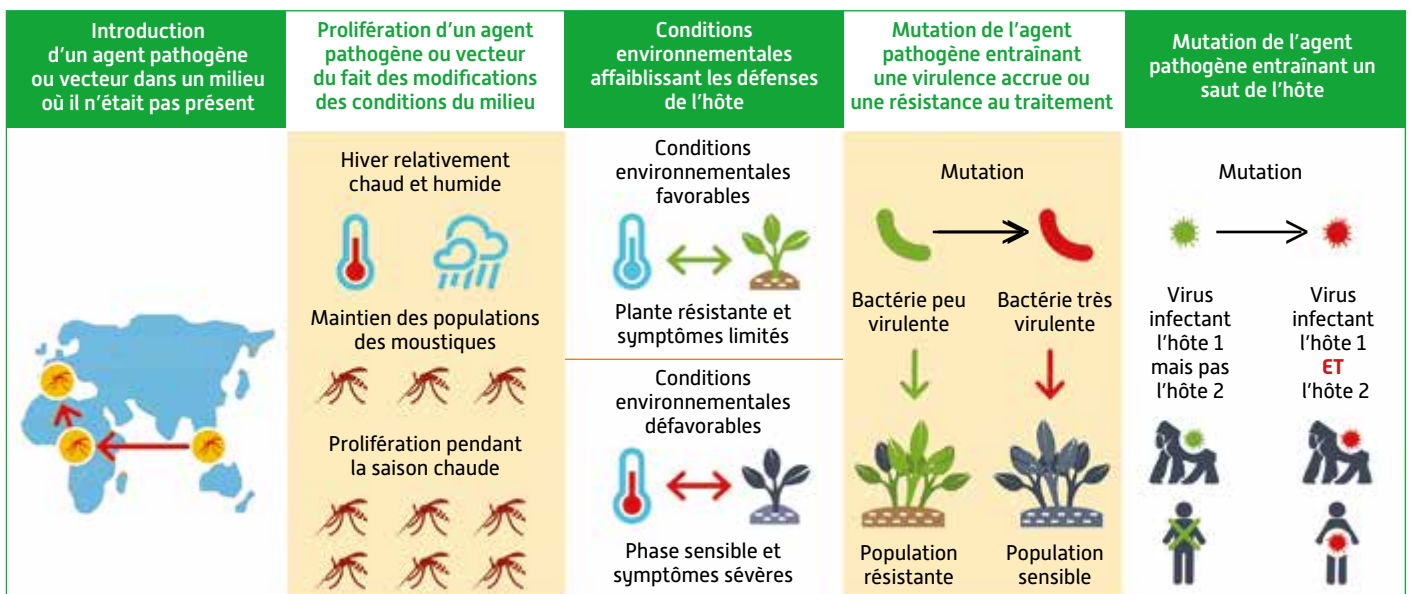
Quant au réseau One Health-Océan Indien, il a appuyé le contrôle des épizooties de fièvre aphteuse déclarée à Rodrigues-Maurice et de Fièvre de la Vallée du Rift, maladie transmissible à l'être humain, à Mayotte en 2019. Cette dernière crise a été gérée en relation étroite avec les acteurs de la santé. Ce réseau effectue aujourd'hui un travail de fond sur l'antibiorésistance, autre enjeu de santé publique majeur.

Avec plus de 15 ans d'existence, ces deux réseaux ont réalisé un travail colossal de coordination, de tissage de liens de confiance entre les acteurs de la santé animale et humaine, pour un partage d'information efficace.

Ces réseaux sont guidés par le concept « One Health ». Que signifie ce concept pour le Cirad ? Qu'appellez-vous les approches intégrées de la santé ?

T. L. À travers le concept « One Health », nous considérons que les santé humaines, animales et des écosystèmes sont liées. Cette approche paraît découler du bon sens, et pourtant le fossé qui existe

Les facteurs susceptibles de générer des phénomènes d'émergence épidémique.



d'après Les dossiers d'Agropolis international, numéro 25, décembre 2019.

actuellement entre les médecins et les vétérinaires montre que sa mise en pratique est loin d'être facile. La force du Cirad réside justement dans sa capacité à mettre en réseaux des secteurs habituellement cloisonnés, et à faire du concept « One Health » une stratégie réellement opérationnelle, sur le terrain.

Pour qualifier cette santé dite « intégrée », nous avons donc une approche multisectorielle, multidisciplinaire et multi-acteurs : agriculteurs, éleveurs, industriels, vétérinaires, médecins, écologues... Nous cherchons à travailler main dans la main avec les acteurs de terrain, et à les faire dialoguer avec leurs voisins, car les maladies ne connaissent pas les frontières.

L'approche globale « One Health » a complètement renouvelé notre vision de la santé. Elle encourage les collaborations entre professionnels de ces différents domaines et disciplines scientifiques, et elle favorise la diffusion des connaissances entre différentes échelles : du local, en impliquant les populations, au national, en impliquant les services vétérinaires, les agriculteurs et éleveurs, les parcs nationaux, les agences de santé publiques, etc. ou encore les acteurs privés.

Existe-t-il des réseaux similaires en France métropolitaine et à l'échelle européenne qui appliquent le concept « One Health » ?

T. L. En France, trois plateformes d'épidémiologie existent : une en santé animale, ESA, une en santé végétale, ESV, et une plus récente sur la santé de la chaîne alimentaire, SCA. Ces réseaux ont permis de regrouper les acteurs publics et privés au service de la surveillance épidémiologique du territoire national.

La plateforme nationale d'épidémiologie en santé animale (ESA), créée en 2011 sur initiative du Ministère de l'agriculture, regroupe aujourd'hui 10 organismes membres. La plateforme surveille une vingtaine de dangers sanitaires dans les élevages et la faune sauvage.

Au sein de la plateforme ESA, le Cirad, fort de son expérience en surveillance épidémiologique dans les pays du Sud et de sa place dans les réseaux internationaux, assure l'animation de la cellule de veille sanitaire internationale (VSI), avec l'Anses et la direction générale de l'Alimentation.

Cette Veille Sanitaire Internationale surveille en continu des maladies comme l'Influenza aviaire hautement pathogène, la peste porcine africaine, la fièvre catarrhale ovine... Des cartes interactives montrent la localisation des foyers dans les différents pays et leur

évolution dans le temps. Cette surveillance a fait la preuve de son efficacité en détectant précocement l'arrivée brutale en France du virus de Schmallenberg en 2012, ou encore les épisodes de fièvre catarrhale ovine en 2006, puis en 2015. Le dispositif ESA permet donc non seulement de détecter l'arrivée des épidémies aux frontières, mais aussi de coordonner des dispositifs de surveillance et de protection sur le territoire national.

A l'échelle européenne, des réseaux et outils innovants de prédiction et de détection des émergences répondant aux besoins des gestionnaires de santé sont en développement, grâce à des projets européens comme le projet MOOD (<https://mood-h2020.eu/>) coordonné par le Cirad depuis début 2020.

Mais ce n'est qu'un début.

Selon vous, il faut aller plus loin. Et c'est pourquoi, vous vous réjouissez de l'annonce de la création d'un conseil d'experts de haut niveau « One Health ». Pour vous, c'est essentiel pour que cette démarche soit appliquée à l'échelle internationale ?

T. L. Les rapports successifs du GIEC sur le changement climatique ont permis d'aboutir à des accords internationaux de poids, tels que l'accord de Paris de 2015. Il est essentiel de pouvoir bénéficier d'une structure équivalente pour la santé.

Ce Conseil d'experts de haut niveau, complètement indépendant, aura pour objectif d'appuyer les organisations internationales concernées, ainsi que les Etats, dans la production de recommandations pour les politiques de santé, afin de mieux anticiper, surveiller et réagir face aux émergences.

Pour être véritablement efficace et opérationnel, ce conseil doit pouvoir rassembler l'ensemble des acteurs nécessaires pour comprendre et gérer les émergences de maladies : des scientifiques de toutes disciplines et de tous secteurs, des représentants d'organisations internationales (OMS, OIE, FAO, PNUE, IPBES...), dans une approche interdisciplinaire et intersectorielle. En un mot, mettre en pratique le concept « One Health » au niveau international, en déclinant rapidement et de façon opérationnelle, les activités au sein des réseaux régionaux existants dans le monde.

Les recommandations que fournira ce conseil devront être complétées par des actions de recherche et de développement dans l'ensemble des zones géographiques confrontées aux émergences, en particulier dans les pays les plus vulnérables, notamment au Sud.

PREZODE, une nouvelle initiative internationale de recherche et de développement visant à prévenir les risques d'émergences zoonotiques et de pandémies

La France, avec le soutien de l'Allemagne notamment, lance une initiative internationale de recherche et de développement visant à prévenir les risques d'émergences zoonotiques et de pandémies, en réduisant notamment les pressions sur la biodiversité.

Nommée PREZODE ou PREventing ZOonotic Disease Emergence, cette initiative a été présentée au *One Planet Summit on Biodiversity* le 11 janvier 2021. Ce projet d'envergure renforcera les coopérations avec les régions du monde les plus confrontées à des risques d'émergences zoonotiques : Afrique, Asie, Caraïbe et Amérique latine.

La déforestation et les atteintes à la biodiversité sont sources de contacts entre l'humain et l'animal, et de nouvelles émergences de maladies. © C. Bourgoïn, Cirad



Ces épidémies animales qui déciment des élevages partout dans le monde

Chaque année, des maladies tuent des animaux, frappent les élevages dans différents pays du monde, menacent économiquement des éleveurs, etc.

Cent-dix-sept maladies animales sont décrétées à déclaration obligatoire en 2020 par l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE), dont 53 sont établies par l'OIE comme maladies à surveiller en priorité.

Focus sur trois de ces maladies sur lesquelles le Cirad travaille et qui font l'actualité : la Peste Porcine Africaine (PPA), la Peste des Petits Ruminants (PPR) et les influenza aviaires.



Qu'est-ce qu'une épizootie ?

Il s'agit d'une maladie qui frappe un grand nombre d'animaux d'une espèce ou d'un groupe d'espèces sur un temps restreint. Une épizootie se concentre sur un territoire plus ou moins vaste. Si l'épizootie se propage à un ou plusieurs continents, on parle alors de panzootie, l'équivalent de pandémie chez l'être humain.

La peste porcine africaine : une invasion mondiale

La peste porcine africaine (PPA) est une maladie hémorragique hautement létale et contagieuse pour les porcs et les sangliers, avec un taux de transmission et un taux de létalité pouvant atteindre 100 %. Le virus peut survivre plusieurs semaines dans la viande, les produits transformés, les restes alimentaires et les effluents agricoles.

Pathogène



Virus du genre *Asfivirus*, de la famille des *Asfarviridae*, il reste infectieux durant plusieurs mois dans les carcasses.

Hôtes



Porcins
(cochons domestiques et sauvages)

Réservoirs et vecteurs



Suidés sauvages africains
(phacochères et potamochères)
Tique molle genre *Ornithodoros*

Transmission

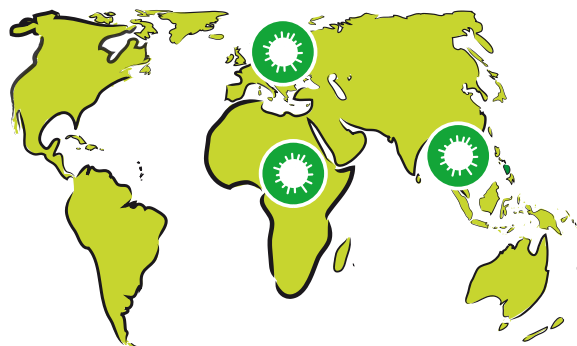
Directe

Par contact avec un animal malade ou par absorption de déchets contaminés

Indirecte

Par l'intermédiaire d'un vecteur (tiques du genre *Ornithodoros*) et/ou par contact avec du matériel souillé (litière, nourriture, vêtements, matériel, etc.)

Localisation



L'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) et l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ont lancé en juillet 2020 une initiative internationale en vue de lutter contre la PPA, présente en Afrique, mais aussi désormais en Asie et en Europe. Le Cirad y contribue par différents travaux de recherche permettant de faire avancer les connaissances notamment sur les modes de transmission et de diffusion de la maladie.



Depuis sa découverte au début du XX^e siècle en Afrique de l'Est, la PPA s'est répandue parmi les porcs domestiques de toute l'Afrique subsaharienne.

La maladie est sortie du continent africain une première fois à la fin des années 1950, pour atteindre l'Europe (par l'importation au Portugal en 1957 de viande de porc contaminée), le Brésil

La peste porcine africaine (PPA) est un grave danger pour les élevages porcins. Aucun vaccin n'est encore disponible. © P.-Y. Le Gal, Cirad.

et plusieurs pays de l'Arc Caribéen. Dans ces régions, la PPA a finalement été éliminée au milieu des années 1990, sauf en Sardaigne.

La seconde sortie d'Afrique date de 2007 vers la Géorgie, puis la Russie et l'Europe de l'Est (Bulgarie, Hongrie, Pologne, Roumanie), et l'Europe de l'Ouest. Après la Pologne, la Belgique a été atteinte en 2018, puis l'Allemagne en 2020, ainsi que la Chine, via la Russie très probablement. La maladie s'est ensuite diffusée aux pays voisins d'Asie, malgré l'abattage des porcs contaminés en Chine pour essayer de contenir l'épidémie.

Une déstabilisation du marché mondial de la viande à craindre

La viande de porc représente près de 40 % de la consommation de viande dans le monde. Fin 2019, suite à la diffusion de la maladie en Asie, où se concentre les deux tiers de la population porcine mondiale (la moitié en Chine), environ

un cochon sur quatre était mort du virus. En septembre 2019, la Chine avait accusé, à elle seule, des pertes économiques estimées à 141 milliards d'US dollars.

La disparition de nombreux élevages chinois, a bouleversé le marché mondial de viande de porc. La Chine, en tant que pays producteur et consommateur majeur, a fait grimper les prix au niveau international, forçant certains consommateurs à se rabattre sur d'autres produits carnés. Face à ce revirement soudain de la demande, une désorganisation des filières internationales de productions animales est à craindre, avec une intensification des élevages pouvant engendrer d'autres maladies.

Par ailleurs, la réduction drastique du cheptel porcin chinois a fait chuter les importations d'aliments à destination animale, ce qui a eu des conséquences importantes sur les filières céréales à travers le monde. La chute des cours mondiaux de soja, par exemple, a fortement impacté les producteurs américains, principaux exportateurs vers la Chine.



La PPA a gravement atteint l'Asie en 2019.

V. Porphyre © Cirad.

Point sur

Faune sauvage et tiques molles : quels rôles dans la transmission et diffusion de la PPA ?

Au Cirad, les scientifiques travaillent sur l'interface entre les réservoirs sauvages de la maladie et les élevages de cochons domestiques. Ces études servent à mieux comprendre et surveiller les mécanismes de diffusion de la PPA entre les élevages, dans le milieu naturel et à l'interface des deux, et donc à estimer les risques pour les élevages.

Quel rôle les suidés sauvages jouent dans la dissémination et maintien de la PPA dans l'environnement ?

C'est la question qui intéresse plusieurs chercheurs en Afrique australe et Madagascar. En présence de la tique molle *Ornithodoros moubata*, les phacochères en Afrique australe et de l'Est constituent en effet une source permanente et très diverse de virus (plus de 25 souches différentes), et donc une menace potentielle pour la filière porcine en Afrique et dans le reste du

monde. Les chercheurs étudient également la dynamique des mouvements d'animaux dans la filière domestique, ainsi que les interfaces potentielles entre le cycle sauvage et le cycle domestique de la maladie.

En Europe, les équipes du Cirad ont coordonné, ces dernières années, un réseau européen pour comprendre le rôle joué par le sanglier (*Sus scrofa*) dans le maintien du virus en milieu naturel. En effet, depuis l'introduction de la PPA en Europe en 2007, les fortes densités de sangliers, corrélées à la capacité du virus à survivre dans les carcasses congelées pendant l'hiver, contribuent à entretenir une source permanente d'épidémie dans les forêts d'Europe de l'Est. Il s'agit d'une menace grave pour la filière porcine de l'Union européenne.

Les tiques ne transmettent pas la maladie en Europe, mais ont un rôle majeur en Afrique.

En tant que réservoir et vecteur du virus, les tiques molles *Ornithodoros* et leur compétence vectorielle ont été étudiées. Il a ainsi pu être démontré que le succès de transmission variait en fonction de l'espèce de tique testée, ainsi que de la souche virale. Ainsi, les chercheurs du Cirad ont répondu à une question clé en Europe : les tiques européennes *O. erraticus* et *O. verrucosus* ne sont pas en mesure de transmettre par piqûre les souches virales circulant actuellement en Europe. En revanche, elles restent infectieuses suffisamment longtemps pour que leur ingestion par des porcs entraîne la maladie chez ces derniers. Toutefois, de par la bioécologie de ces tiques, la probabilité d'un tel événement de transmission, qui n'a pas encore été estimé, est supposée faible.

Les travaux du Cirad ont, à l'inverse, confirmé le rôle majeur de la tique africaine *O. moubata* dans la transmission par piqûre, ainsi que sa capacité à transmettre le virus à sa descendance. Cependant, le succès de transmission dépend du taux de répllication et de dissémination virales dans la tique, ainsi que de l'effet de l'infection sur la tique. En effet, la tique développe une réponse immunitaire plus ou moins efficace à l'infection de la PPA. Or, ce processus constitue un des facteurs pouvant influencer l'aptitude de la tique à multiplier et transmettre le virus.

Expertise
François Roger, Laurence Vial, Eric Etter, Ferran Jori

Nif-Naf (2019-2022. Madagascar, Afrique du Sud, Mozambique)

Ce projet de recherche, coordonné par l'Université de Californie, en collaboration avec le Cirad, s'intéresse à l'émergence et aux voies de transmissions des maladies animales transfrontières telles que la Peste Porcine Africaine (PPA), ainsi qu'aux interfaces entre faunes sauvage et domestique. Eric Etter, vétérinaire épidémiologiste au Cirad, est co-chercheur principal des études menées dans le cadre de Nif-Naf.

Ce projet vise à améliorer les connaissances sur la PPA et autres maladies transfrontières en Afrique australe, grâce à un travail interdisciplinaire ambitieux. Des collectes intensives de données de terrain sont effectuées : échantillonnages de porcs sauvages et domestiques et de tiques, pièges à caméra. Des études expérimentales sont menées dans sept zones d'étude à Madagascar, en Afrique du Sud et au Mozambique : compétence des tiques à transmettre des virus, variabilité due à des facteurs extrinsèques et intrinsèques tels que la température, l'humidité ou le microbiome des tiques...

<https://www.asf-nifnaf.org/>

La peste des petits ruminants : une éradication visée à l'horizon 2030



La peste des petits ruminants (PPR) touche près d'un milliard de moutons et de chèvres en Afrique, au Moyen-Orient et en Asie, alors même que plus de 80 % de ces petits ruminants domestiques y assurent la sécurité alimentaire et l'autonomie économique des populations, et notamment des femmes. Un [Programme mondial d'éradication de la PPR d'ici 2030](#), coordonné par la FAO et l'OIE, est en cours. Le Cirad, en tant que laboratoire international de référence sur la maladie pour l'OIE, la FAO et l'Union européenne, y contribue en coordonnant ou participant à de nombreux projets.

Les petits ruminants domestiques assurent la sécurité alimentaire et l'autonomie économique de nombreuses populations d'Afrique, du Moyen-Orient ou encore d'Asie © B. Faye, Cirad

La peste des petits ruminants (PPR) est une maladie virale des ovins et des caprins hautement contagieuse.

Descrite pour la première fois en 1942 en Côte d'Ivoire, la peste des petits ruminants (PPR) entraîne des pertes considérables dans les troupeaux. Actuellement présente en Afrique, en Asie et au Moyen-Orient, cette maladie très contagieuse continue à émerger dans de nouveaux pays. Elle a notamment été détectée en 2016 en Géorgie, et en 2018 en Bulgarie à la frontière turque.

Le Cirad fait partie des trois [Laboratoires de référence de l'OIE](#) pour la peste des petits ruminants (PPR), et est également le [laboratoire de référence de l'UE](#). Dans le cadre de ce mandat, le Cirad a ainsi été impliqué dans la confirmation du diagnostic de la maladie lors de son incursion en Bulgarie en 2018, depuis maîtrisée. Il a fourni des experts épidémiologistes afin d'appuyer les enquêtes et la mise en place de mesures de contrôle.

Evaluer le niveau de transmission virale

Le Cirad étudie les dynamiques de transmission et de persistance de la maladie, de la plus petite échelle (évolution génétique, interactions hôtes-pathogène), à la plus grande (diffusion de la PPR par la mobilité animale transfrontalière, ou au sein de socio-écosystèmes complexes à l'interface entre faune sauvage et bétail). Grâce aux informations obtenues par ces recherches, les scientifiques évaluent le niveau de transmission virale en zone endémique. Ils déterminent ainsi la couverture vaccinale nécessaire pour stopper cette transmission et éliminer la maladie. Ces actions participent au programme d'éradication de la maladie à l'horizon 2030.

Pathogène



Virus :
du genre *Morbilivirus*, de la famille des *Paramyxoviridae*, il est peu résistant dans le milieu extérieur

Espèces concernées



Ovins



Caprins



Ongulés sauvages



Caméliés



Suidés

Transmission

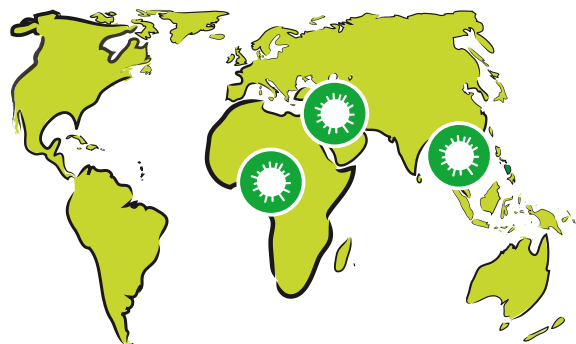
Directe

Par contact avec un animal malade et/ou absorption de toute sécrétion d'animaux contaminés

Indirecte

Par voie mécanique (litière, nourriture, vêtements, matériel, abreuvoirs, etc.)

Localisation



Réduire les coûts de l'éradication, en ciblant les actions de surveillance et vaccination

La vaccination est un des outils majeurs du programme d'éradication. Le vaccin développé en 1989 par le Cirad et l'Institut Pirbright a démontré son efficacité durant les dernières décennies, mais il ne permet pas de distinguer sérologiquement les animaux vaccinés des animaux infectés naturellement. Pour réduire le coût du contrôle de la PPR, le Cirad s'est engagé dans le **développement d'un nouveau vaccin** capable de différencier animaux infectés et animaux vaccinés, ainsi que d'un vaccin thérapeutique.

Les territoires et populations animales à haut risque sont identifiés afin d'être particulièrement



La vaccination est un des outils majeurs du programme d'éradication de la peste des petits ruminants. © Cirad

ciblés dans les stratégies de surveillance et de contrôle par la vaccination, ce qui permet d'être plus efficace et de réduire les coûts. Ces travaux sont initiés ou appuyés par le Cirad, à travers différents projets tels que **LIDISKI** (Cirad), **PRAPS** (OIE) et **EcoPPR** (ILRI), **EUFMD** (FAO). Ces recherches se basent sur un travail d'analyse semi quantitative et de cartographie du risque, et une contribution active des acteurs locaux, à travers des méthodes participatives et une approche sous régionale. Ces approches sont essentielles pour réduire le coût d'éradication de la maladie tout en augmentant les chances de succès.

Renforcer les capacités des pays en matière de diagnostic, d'épidémiologie et de cartographie du risque

En tant que laboratoire de référence et centre collaborateur OIE en épidémiologie et en formation, le Cirad est impliqué, dans un grand nombre d'actions de soutien aux efforts réalisés à l'échelle mondiale pour contrôler et éradiquer la PPR, et en particulier sur la formation des acteurs en santé animale aux méthodes de diagnostic de la PPR, à l'épidémiologie de la maladie, à la cartographie du risque... Des maquettes pédagogiques, des modules de formation et des webinars sont également mis à disposition des partenaires et services vétérinaires des pays. Ils servent à renforcer les compétences des acteurs en charge de ces activités sur le terrain (agents de terrain, vétérinaires, etc.) et concourent à une meilleure

LIDISKI (2020-2023. Nigeria)

Ce projet associe recherche et développement au Nigéria, en contribuant à améliorer les capacités locales de lutte contre les maladies animales. En particulier, il vise le contrôle de la Peste des Petits Ruminants (PPR) et de la maladie de Newcastle, qui sont deux des principales maladies animales affectant les élevages du pays. LIDISKI est coordonné par le Cirad et est financé à hauteur de 2,5 millions d'euros par l'Union européenne à travers l'initiative Desira.

Le projet s'adresse aux acteurs locaux, à travers des formations, des notifications de maladies et la construction collective de stratégies de surveillance et de contrôle. Pour cela, le Cirad travaille étroitement avec les agents communautaires de santé animale, les services vétérinaires, les éleveurs ainsi que les entreprises d'élevage privées.

<http://www.lidiski.org/>

efficacité opérationnelle et un transfert de méthodes et d'outils (diagnostic, surveillance, vaccination, etc...). Enfin, avec le concours de l'OIE et la FAO, le Cirad travaille à la conception d'un programme de formation en adéquation avec les compétences à renforcer dans les pays, dans le but de mettre en œuvre efficacement le programme d'éradication de la PPR.

Expertise
Geneviève Libeau, Arnaud Bataille,
Cécile Squarizoni-Diaw

Le Cirad est très impliqué dans la formation des acteurs en santé animale aux méthodes de diagnostic de la PPR, à l'épidémiologie de la maladie, à la cartographie du risque.

© G. Libeau, Cirad



Point sur Transmission et diffusion de la PPR à la faune sauvage : quels risques ?

Depuis plus de 5 ans, le Cirad étudie, en étroite collaboration avec ses partenaires du Sud et d'autres institutions internationales (Royal Veterinary College, Wildlife Conservation Society), le rôle de la faune sauvage dans l'épidémiologie de la PPR. L'ensemble de ces travaux visent la mise en place de mesures adaptées pour gérer les interfaces animaux sauvages-domestiques. Coup de projecteur sur une action menée en Mongolie, suite à la détection de la maladie en 2016.

En Mongolie, une grave épidémie de PPR a causé en 2016-2017 d'importantes pertes dans les élevages, mais également chez les antilopes saïga, une espèce rare et endémique de la région. En 2019, le Cirad y a effectué, à la demande des acteurs locaux, un travail de cartographie des contacts entre les populations d'antilopes saïga et les troupeaux d'élevages. Ce travail a permis d'identifier les périodes de l'année et les lieux où les populations domestiques et sauvages pouvaient interagir, et donc se transmettre le virus. Ce travail a débouché sur des

recommandations en termes de recherche et de contrôle de la PPR dans cette région, concernant la gestion des points d'eau qui constituaient des zones de contact entre la faune et le bétail.

Expertise
Véronique Chevalier, Annelise Tran



Les ruminants domestiques transmettent la PPR aux antilopes saïga, une espèce protégée en Mongolie. © Cirad

Les influenza, des souches virales en constante mutation

La FAO, l'OIE et l'OMS sont alliées depuis 2005 contre les influenza animales et zoonotiques au sein d'un réseau, l'**OFFLU**, qui soutient l'action de lutte des services vétérinaires. Le Cirad participe à ces efforts, à travers des travaux de recherche en Asie essentiellement sur influenza aviaire, initiés dès 1997, à l'apparition du virus H5N1, et plus récemment H5N8, signalé en Europe depuis 2019.



Ces dix dernières années, de nouvelles souches de grippe aviaire hautement pathogènes se sont déclarées et rapidement diffusées à l'échelle de la planète © M. Boni

La grippe, autrement appelée influenza, est une maladie virale très contagieuse qui touche les oiseaux ainsi que les mammifères. On recense une très grande diversité de ces souches de grippe, notamment à cause des mutations régulières et des recombinaisons lors de transmission d'espèces à espèces.

Pathogène



Virus : du genre *Influenzavirus A*, de la famille des *Orthomyxoviridae*, il est particulièrement résistant dans le milieu extérieur.

Les virus influenza A possèdent une grande « plasticité » et évoluent en permanence en échangeant leurs gènes ou en acquérant des mutations dont certaines peuvent leur donner la capacité d'infecter l'être humain.

Réservoirs



Oiseaux sauvages

Transmission

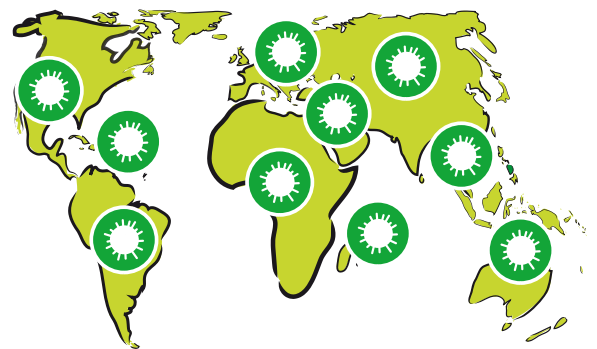
Directe

Par absorption de toute sécrétion et/ou production animale contaminée (principalement fécales et respiratoires)

Indirecte

Par voie mécanique (litière, nourriture, vêtements, matériel, etc.)

Localisation



L'influenza aviaire, découverte pour la première fois à la fin du 19e siècle en Italie, est précisément distinguée d'autres maladies aux symptômes similaires dans les années 1950. Sujettes depuis 1964 à une déclaration officielle obligatoire à l'OIE, les épidémies d'influenza aviaires n'épargnent aucun continent.

Si toutes les gripes aviaires ne sont pas transmissibles à l'être humain, elles restent des maladies particulièrement surveillées pour leurs capacités zoonotiques. Les grandes pandémies du 20^e siècle ont en effet toutes eu pour origine des virus influenza animaux : la grippe espagnole de 1918 (entre 50 et 100 millions de morts), la grippe asiatique de 1957 (70 000 morts), ou encore la grippe de Hong Kong de 1968 (56 000 morts).

Déterminer le rôle des activités humaines dans la récurrence et la diffusion de l'influenza aviaire en Asie du Sud-Est

En 1997, un virus hautement pathogène de type H5N1 s'est installé en Asie du Sud-Est. Il a ensuite gagné l'Europe en 2005 et l'Afrique en 2006. Ses modes de diffusion, sa survie dans l'environnement, son cycle épidémiologique posent encore de nombreuses questions. Pour y répondre, le Cirad a mis en place, dès le

début de la crise, toute une série de recherches qui ont permis de mieux connaître la maladie et son virus, mais aussi d'anticiper sa progression.

A travers ces travaux, le Cirad et ses partenaires ont découvert que certains environnements étaient particulièrement favorables à la survie et la diffusion des virus grippaux, en particulier l'association riziculture et élevage de volailles, des milieux favorisant les contacts entre les communautés d'oiseaux sauvages et les populations aviaires domestiques.

Depuis, des chercheurs du Cirad se penchent sur l'aviculture de petite échelle, semi-commerciale et familiale, du Vietnam. Les études de terrain ont montré que les éleveurs tendent à répondre aux foyers d'influenza aviaire hautement pathogène (IAHP) en vendant rapidement leurs volailles, afin de limiter leurs pertes financières. Dans certains pays, les élevages industriels intensifs font également appel à cette pratique. Les volailles étant mélangées avec d'autres oiseaux dans les marchés et réseaux commerciaux, cette pratique accroît le risque de transmission de la maladie à plus large échelle. Pour répondre à ce phénomène, les scientifiques travaillent avec les éleveurs pour identifier des alternatives et limiter les risques sanitaires, comme celle de vendre les poulets malades comme aliments pour les pythons et les crocodiles élevés à proximité.

Au Vietnam, certains éleveurs prennent le risque d'écouler leurs volailles malades sur les marchés afin d'échapper à l'abattage © A. Delabouglise, Cirad



Identifier les stratégies de vaccination les plus efficaces selon les territoires

Depuis 2008, plusieurs travaux sur l'évaluation des stratégies de surveillance et de contrôle de l'influenza aviaire ont été menés en collaboration avec des organisations internationales telles que la FAO, ainsi que, depuis 2014, dans le cadre de partenariats public-privé avec la Ceva Santé Animale. Ces études ont permis le développement de l'outil EVACS (Évaluation des stratégies de vaccination des maladies animales), capable d'identifier les stratégies de vaccination les plus efficaces selon les contextes socio-économiques et les niveaux de structuration des filières avicoles dans les différents pays du monde, au Nord comme au Sud. Ces projets évaluent par ailleurs le risque de diffusion de ces pathogènes

entre des fermes de niveau de biosécurité différents, ainsi que le risque de diffusion du local au global au travers des filières commerciales internationales. Ces partenariats contribuent fortement au transfert des outils développés par la recherche et à la pérennité et impact des actions menées sur le terrain.

"One Health Poultry Hub", un réseau en santé publique vétérinaire en Asie

Face à la demande croissante d'œufs et de viande de volaille en Asie, une trentaine de partenaires, dont le Cirad, forment depuis 2019 un réseau de santé publique vétérinaire baptisé "One Health Poultry Hub". Objectif : contrer l'émergence de zoonoses et de sécuriser la production aviaire. En Asie du Sud, les intoxications bactériennes alimentaires sont courantes. D'autre part, c'est une région qui reste un foyer important de grippe aviaire. L'utilisation abusive d'antibiotiques en aviculture y est également une réalité. Au-delà de la surveillance des maladies virales ou bactériennes, il s'agit au sein de ce réseau d'identifier les comportements, les processus et environnements à haut risque, de manière à les rectifier, et prévoir des plans de lutte adaptés contre les maladies pour sécuriser la production aviaire. Le Bangladesh, l'Inde, le Sri Lanka et le Vietnam sont les quatre pays directement impliqués par les actions du réseau.

Expertise
Flavie Goutard, Marisa Peyre

Point
sur

Oiseaux migrateurs et sauvages : quels rôles dans l'introduction du virus H5N8 en Europe ?

A travers le projet AI-TRACK, les scientifiques du Cirad, de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse et du laboratoire IDEVet s'intéressent aux mécanismes d'introduction du virus H5N8 dans les élevages de volailles du Gers. Présent en Europe depuis 2019, H5N8 engendre des mesures conséquentes d'abattage et de restriction de mouvement des élevages en France depuis fin 2020.

Le Cirad se concentre en particulier sur l'interface entre les oiseaux sauvages et les élevages de canards. Des prélèvements sur les oiseaux sauvages sont réalisés par un ornithologue, agréé par le Muséum National d'Histoire Naturelle, afin de repérer le virus.

Le virus H5N8 a déjà été identifié chez plus d'une cinquantaine d'espèces d'oiseaux en Europe. L'objectif des recherches du projet AI-TRACK est de définir, parmi ces espèces, lesquelles sont les plus susceptibles de transmettre le virus aux élevages. Les oiseaux sauvages migrateurs, et notamment les canards, sont suspectés d'importer en Europe ces virus de grippe aviaire, lors de la

migration d'automne depuis le nord de l'Asie centrale via l'Europe de l'Est et du Nord. Certaines espèces locales pourraient ensuite jouer le rôle de relais entre ces espèces et les élevages de canards domestiques. Le rôle possible de certaines activités

humaines dans les zones humides fréquentées par les canards sauvages, comme la chasse, est également étudié.

Expertise
Julien Cappelle



Les canards sauvages migrateurs sont fortement suspectés d'importer le virus H5N8 en Europe. D. Cornelis © Cirad

Zoonoses émergentes ou ré-émergentes, ces maladies qui passent de l'animal à l'humain

De par leur expertise sur les maladies animales, les scientifiques du Cirad sont à l'avant-garde des émergences de zoonoses, maladies des animaux domestiques ou sauvages transmises à l'être humain.

Sur la **dizaine de maladies prioritaires** en termes de recherche et de diagnostic, définie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), toutes sont des zoonoses causées par des virus.

Objectif des études : comprendre l'émergence de ces maladies chez l'être humain et établir des cartographies de risques pour protéger les populations animales et humaines.

Ces animaux réservoirs de virus transmissibles à l'être humain

Dromadaires, chauves-souris, rongeurs, chiens sont, dans certaines zones du monde, des réservoirs de virus à l'origine de zoonoses, c'est-à-dire de maladies transmissibles à l'être humain. Focus sur les virus qu'ils hébergent, traqués par les chercheurs.


Le dromadaire, un réservoir du MERS-CoV, un coronavirus, en Afrique et dans la péninsule arabique

Le MERS-CoV provoque le syndrome respiratoire du Moyen-Orient, une maladie mortelle pour l'être humain. Depuis sa première identification chez l'humain en 2012 en Arabie saoudite, il a infecté plus de 2 500 personnes et causé la mort de plus de 800 d'entre elles. Avec un taux de létalité chez l'humain de presque 40 %, et sans traitement ni vaccin disponible, cette maladie virale fait partie de la liste des maladies émergentes prioritaires établie par l'OMS.

Le MERS-CoV (coronavirus du syndrome respiratoire au Moyen-Orient) est un coronavirus qui circule activement chez les dromadaires de la péninsule arabique et en Afrique © B. Faye, Cirad.



Pathogène


Virus : du genre *Betacoronavirus*, de la famille des *Coronaviridae*

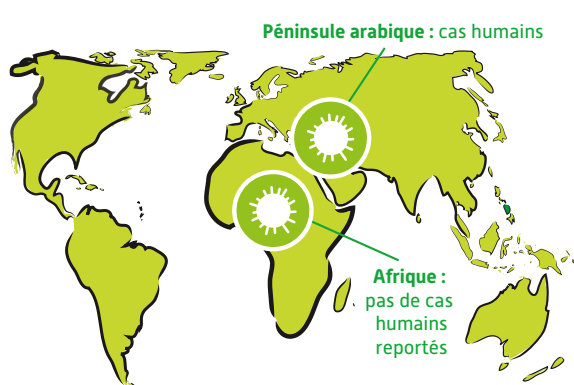
Réservoir


Dromadaire

Transmission

Directe
Par contact et/ou absorption de fluides et sang des dromadaires infectés

Localisation



Le MERS-CoV est un coronavirus qui circule activement chez les dromadaires de la péninsule arabique et en Afrique. Il est proche du virus du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) causé par le SARS-CoV, qui avait contaminé en 2002 plus de 8 000 personnes, touché 25 pays et entraîné plus de 800 décès. Il est également proche du SARS-CoV-2, virus responsable de la Covid-19.

Jusqu'à présent, seule la péninsule arabique a connu des cas de maladie humaine. Pourtant, le MERS-CoV est présent chez les populations de dromadaires dans plusieurs pays d'Afrique. Pour répondre à ce mystère, une collaboration internationale, pilotée par l'Institut Pasteur de Hong-Kong et associant le Cirad, a effectué des enquêtes, de nombreux prélèvements et ana-

lyses génétiques sur des dromadaires et des humains infectés. Ce travail a révélé des différences génétiques entre les souches de MERS-CoV circulant chez les dromadaires africains et ceux de la péninsule arabique qui pourraient expliquer une partie du mystère.

Les travaux sur les mécanismes et les facteurs de transmission au sein des populations came-

lines et des dromadaires à l'Homme se poursuivent, notamment en Ethiopie. Les dromadaires ayant une grande importance dans les pays où ils sont présents, avec une grande proximité avec l'être humain, les risques sont réels.

Expertise
François Roger

L'indispensable vaccination des chiens, porteurs de la rage



S'il n'est pas traité avant l'apparition des symptômes, le virus de la rage entraîne une encéphalite fatale, aussi bien pour l'être humain que pour de nombreux mammifères. Bien qu'un vaccin existe, la maladie représente un enjeu sanitaire majeur en Afrique, en Asie, ou encore dans l'océan Indien, comme à Madagascar. Dans le cadre de la lutte contre la rage, l'OIE vient de lancer une importante campagne d'éradication mondiale par la vaccination des chiens.

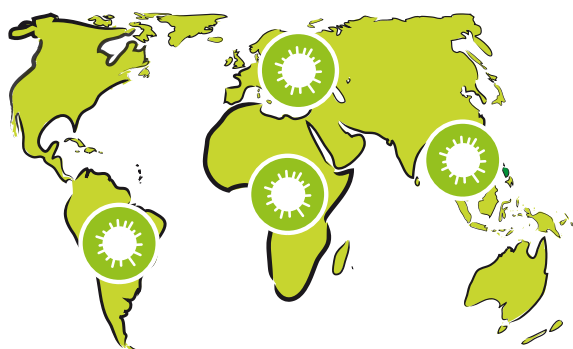
Maladie qui peut sembler d'un autre temps, la rage est pourtant toujours présente sur de nombreux territoires, même en Europe. **Au Cambodge**, l'un des pays les plus touchés par ce virus, près de 800 personnes en meurent chaque année. La vaccination et le contrôle des populations de chiens reste la méthode la plus efficace pour contenir la maladie, néanmoins de telles actions s'avèrent souvent difficiles à mettre en place dans plusieurs pays. L'OIE relance actuellement des programmes d'éradication de la rage et lance une vaste campagne de vaccination des chiens, s'appuyant notamment sur des travaux de cartographie pour définir les zones prioritaires.

Cartographier les risques pour cibler les campagnes de vaccination

Afin d'appuyer les stratégies de vaccination et de contrôle, les équipes du Cirad se penchent sur les facteurs de risque qui entraînent l'introduction et la propagation de la maladie. **En Tunisie et au Sénégal**, les services vétérinaires et agences sanitaires ont ainsi construits des cartes de risque, sur lesquelles les autorités sanitaires peuvent se baser pour déployer les actions de vaccination et de contrôle basées sur le risque des populations canines. L'efficacité de ces campagnes de vaccination est également évaluée, notamment au regard de la réponse immunitaire des animaux au vaccin.



Localisation



D'autres travaux scientifiques s'intéressent aux mécanismes de transmission du virus. Les résultats ont par exemple montré que, si les morsures de chiens enragés sont les principales causes de cas humains, les léchouilles constituaient également une part importante des cas de transmission.

Etudier les relations des hommes et des chiens

Le chien gravite autour de l'être humain, notamment à travers ses activités alimentaires. Une meilleure connaissance des caractéristiques des

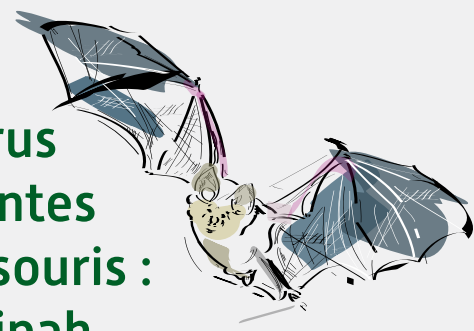
populations canines et de leurs relations avec l'humain sont donc des éléments clé pour la réduction du nombre de morsures. **Au Cambodge**, les chercheurs étudient ainsi les dynamiques de renouvellement des canidés et leurs relations avec les populations humaines. Enfin, ils travaillent au développement de modèles de transmission qui seront utilisés pour proposer des stratégies vaccinales des populations canines, adaptées au contexte cambodgien et plus largement à l'Asie du Sud-Est.

Expertise
Véronique Chevalier



Ebola, Nipah, Marburg, coronavirus, etc. Nombreux sont les virus propagés par les chauves-souris.

A la recherche des virus circulant chez différentes espèces de chauves-souris : Ebola, coronavirus, Nipah



Ebola : des virus soupçonnés circuler chez les chauves-souris

La maladie à virus Ebola est une fièvre hémorragique grave, dont le taux de létalité chez l'être humain est d'environ 50 %. Le premier cas humain détecté date de 1976. Depuis, l'OMS dénombre 29 épidémies d'Ebola dans le monde.

La République démocratique du Congo connaît actuellement sa 1^{ère} épidémie. Un vaccin et des traitements existent. Les espèces animales réservoirs du virus n'ont toujours pas été formellement identifiées, mais plusieurs études pointent vers la chauve-souris.

En partenariat avec l'IRD, l'Institut Pasteur et l'OIE, le Cirad travaille depuis 2007 sur la maladie à virus Ebola à travers des études sur les chauves-souris, réservoirs présumés du virus. Deux projets sont actuellement en cours en Afrique : Ebo-Sursy, coordonné par l'OIE et localisé dans dix pays d'Afrique (Sénégal, Guinée, Côte d'Ivoire, Libéria, Sierra Leone, Cameroun, Gabon, République du Congo, République démocratique du Congo et République centrafricaine) et Ebo-Health, coordonné par l'IRD et focalisé sur la Guinée.

Si aucun virus Ebola actif n'a encore été décelé chez la chauve-souris, plusieurs études virologiques font état de fragments de virus. Afin d'affiner ces résultats et d'identifier clairement les espèces de chauves-souris porteuses, les scientifiques du Cirad procèdent à des captures et prélèvements d'échantillons de fluides sur les animaux.

Mesurer le risque d'émergence

Afin d'augmenter leurs chances de détecter les traces de virus Ebola chez les chauves-souris, les chercheurs procèdent à des études génétiques et sérologiques menées sur une longue période. En croisant ces données avec des connaissances écologiques, comme l'utilisation des habitats, les déplacements, la reproduction ou l'alimentation, les scientifiques essaient de prévoir des zones et

Pathogène



Virus :
du genre *Ebolavirus*,
de la famille
des *Filoviridae*

Réservoirs



Réservoirs présumés :
chauves-souris



Hôtes intermédiaires
présumés :
grands singes,
petites antilopes, etc.

Transmission

Directe

via les fluides corporels d'animaux sauvages
ou humains contaminés

Indirecte

via des fruits consommés souillés, excréments, urine, etc.

Localisation



des périodes à fort risque d'émergence. Les équipes de modélisation du Cirad construisent ensuite des cartes de risques d'émergence, à des échelles locales, régionales et nationales.

Une surveillance épidémiologique participative

Le Cirad travaille également sur la surveillance épidémiologique des Ebolavirus. Pensée de manière globale, elle intègre les animaux sauvages, domestiqués, et les êtres humains. Pour cela, les scientifiques travaillent en étroite collaboration avec les populations, les services vétérinaires, les parcs nationaux, les universités locales et les centres dédiés à Ebola, alliés incontournables qui sont en première ligne lors d'émergence de maladies à Ebolavirus. Les dif-

férents acteurs sont formés aux approches de surveillance participative. Celles-ci consistent à installer un dialogue permanent et à impliquer les communautés locales pour identifier les événements qui pourraient être le signe d'une émergence de maladie à fièvres hémorragiques.

Les habitants participent également aux enquêtes en partageant leurs informations sur la localisation des chauves-souris, leurs arbres favoris, les grottes où elles s'installent.... Lorsqu'un emplacement significatif pour l'étude des animaux est chargé d'une importance symbolique pour les locaux, des offrandes sont apportées et des permissions auprès des autorités des villages avoisinants sont sollicitées.

Expertise

Mathieu Bourgarel, Hélène De Nys

Ebo-Sursy (2017-2024 ; Afrique centrale et de l'Ouest)

Les récentes émergences de maladies zoonotiques en Afrique ont fait naître ce projet, qui cherche à améliorer les systèmes de détection de cinq zoonoses dans dix pays d'Afrique centrale et de l'Ouest : les fièvres hémorragiques virales d'Ebola, de Marburg, de la Vallée du Rift, de Crimée-Congo et de Lassa, mais aussi les coronavirus. Ebo-Sursy est financé par l'Union européenne et coordonné par l'OIE. Le Cirad s'est vu remettre une enveloppe de 1,8 million d'euros pour développer plusieurs activités, notamment : l'identification d'espèces animales hôtes et réservoirs de virus ; l'étude des mécanismes de contact inter-espèces ; la mise en place de systèmes participatifs de surveillance et détection précoce des maladies.

Au Zimbabwe, la chasse aux coronavirus est ouverte

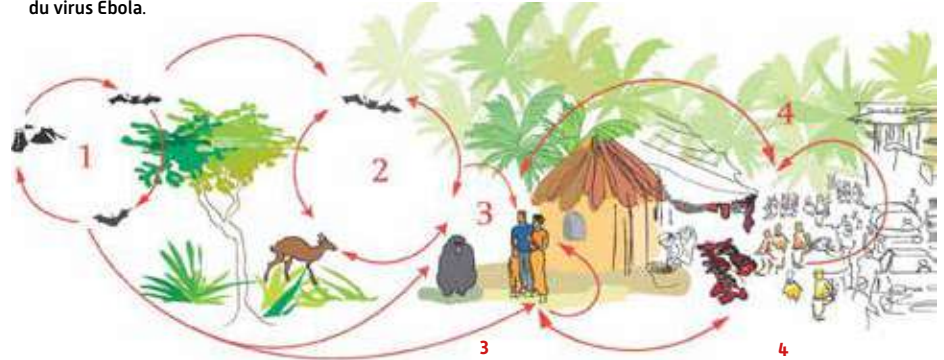
Les coronavirus sont une famille de virus dont les types « alpha » et « beta » affectent les mammifères. Le SARS-Cov-2, causant la pandémie de Covid-19, est un coronavirus de type beta. Il y a quelques mois, les chercheurs zimbabwéens et français ont identifié différents types de coronavirus au sein de deux colonies de chauves-souris dans les districts de Kwekwe et Hurungwe, au centre et au nord du Zimbabwe.

Sur ces sites, l'équipe de recherche du Cirad réalise des collectes d'échantillons biologiques sur les mammifères, plus particulièrement les chiroptères et rongeurs, puis des analyses virologiques et sérologiques. Des études écologiques des espèces sauvages, qui servent de réservoirs à certains virus, sont également conduites.

Circulation et transmission des virus Ebola dans un socio-écosystème forestier : contacts et transmission possible depuis le réservoir supposé les chauves-souris jusqu'aux grandes villes

1
Les chauves-souris seraient des réservoirs du virus Ebola.

2. Les chauves-souris transmettraient le virus à d'autres espèces de la faune sauvage (hôte intermédiaires), mais aussi directement à l'être humain lorsqu'elles sont chassées.



3
Les êtres humains en contact avec la faune sauvage prennent le risque de contracter le virus.

4
Les communautés humaines dont certains individus ont contracté le virus se contaminent.

Nipah, un virus hébergé par les chauves-souris (*Ptéropodidés*) en Asie du Sud-Est

Pathogène



Virus : Nipah, famille des Hénipavirus

Symptômes :
forme encéphalitique
et forme respiratoire

Réservoir



Chauve-souris
du genre *Pteropus*

Transmission

Directe
depuis d'autres
animaux ou humains

Indirecte
via des fruits ou de
la sève de palmier
contaminés

Localisation



L'infection à virus Nipah (NiV) est une zoonose émergente et grave chez l'animal et chez l'humain. Depuis son apparition en 1998 en Malaisie et au Bangladesh, ce virus a causé la mort de plus de 500 personnes.

Surveiller et maîtriser les risques de passage à l'humain au Cambodge

Bien que la circulation du NiV ait été documentée chez les chauves-souris du genre *Pteropus* dans plusieurs pays, comme au Cambodge et en Thaïlande, on sait peu de choses sur le risque de transmission du NiV aux animaux domestiques et aux humains en Asie du Sud-Est. Les scientifiques du Cirad et l'Institut Pasteur ont mené l'enquête au Cambodge. En mobilisant l'écologie, l'anthropologie, la virologie et l'épidémiologie, ils ont montré que l'émergence d'épidémies est fortement liée aux pratiques humaines alimentaires et agricoles.

En collaboration avec plusieurs organismes de recherche, dont l'Institut Pasteur du Cambodge, le Cirad coordonne des travaux de recherche visant à mieux évaluer le risque d'émergence du NiV au Cambodge, c'est-à-dire son passage aux animaux domestiques ou aux humains. Plus de 3000 chauves-souris ont passé des tests virologiques, afin de détecter la présence du virus, ainsi qu'environ 420 personnes en contact avec ces animaux. La mobilité (suivie par GPS), la dynamique de la population et le régime alimentaire d'une colonie de « renards volants de Lyle » (*Pteropus lylei*), mais également la circulation du NiV dans l'urine de ces chauves-souris, ont été étudiés. Associée à l'observation des pratiques agricoles des communautés locales, ces travaux permettent de mieux anticiper les risques d'émergences du NiV dans le contexte cambodgien.

Les premiers résultats montrent des schémas saisonniers à la fois dans la dynamique des populations et dans la circulation des virus. Cela a permis d'identifier certaines périodes où les pratiques des communautés locales peuvent les exposer à un risque d'infection plus élevé. L'étude de télémétrie a par ailleurs révélé des zones où les contacts potentiels entre les humains et les chauves-souris sont plus nombreux.

Par la suite, les entretiens avec les acteurs locaux ont montré des conflits limités entre les chauves-souris et les humains, mais également l'absence de risque perçu par les communautés locales. Des approches participatives sont utilisées pour diffuser les connaissances sur le risque d'émergence et les services écosystémiques associés aux renards volants, afin de préconiser le recours à des mesures de prévention conciliant santé publique et conservation.

Expertise
Julien Cappelle

Ces insectes vecteurs de maladies pour l'être humain et l'animal : les maladies vectorielles

Les agents pathogènes peuvent également se transmettre aux animaux ou aux humains par le biais de vecteurs, des types d'hôtes capables de transmettre les agents pathogènes dont ils sont porteurs à d'autres types d'hôtes. Ces maladies sont alors appelées vectorielles. Au Cirad, les principaux vecteurs étudiés sont les arthropodes hématophages, à savoir les moustiques, les tiques ou encore les glossines.

La Fièvre de Crimée-Congo, une maladie transmise par la tique *Hyalomma marginatum*

Le virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo entraîne dans certains cas une fièvre hémorragique sévère chez l'être humain, avec un taux de létalité qui peut atteindre les 40 %. La maladie est contagieuse, mais peut aussi être transmise par les tiques du genre *Hyalomma*. Si les animaux peuvent contracter le virus, ils n'en tombent cependant pas malades et ne présentent aucun symptôme, ce qui rend la détection de la maladie particulièrement difficile. Il n'existe pour l'heure aucun vaccin.

Depuis quelques années, les chercheurs du Cirad ont observé l'installation progressive dans le sud de la France d'une tique à pattes rayées, *Hyalomma marginatum*. Connue pour être vectrice du virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo, cette espèce gagne du terrain et est aujourd'hui présente dans neuf départements du sud du pays : Haute-Corse et Corse du Sud, Pyrénées-Orientales, Aude, Hérault, Gard, Bouches-du-Rhône, Var, Ardèche. Le virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo n'a encore jamais été détecté en France, bien qu'une souche du virus ait été identifiée il y a quelques années en Espagne causant de premiers cas humains en 2016, 2018 et 2020.

La tique à pattes rayées s'installe en France

Habitée à des climats chauds et secs, il semblerait que les changements climatiques aient favorisé son installation dans le sud de la France. Afin d'isoler le virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo, dont cette tique peut être porteuse, les équipes du Cirad procèdent à de grandes collectes et analyses de tiques. Des études sérologiques sur les ruminants domestiques et sauvages sont également menées, afin de détecter la présence d'anticorps dirigés contre le virus, signe d'une circulation virale. En

Pathogène



Virus du genre *Nairovirus*, de la famille des *Bunyaviridae*, il est peu résistant en milieu extérieur

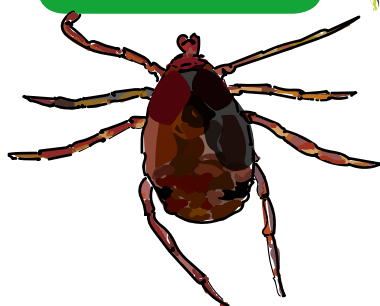
Transmission

Directe

Par contact et/ou absorption de fluides et sang des animaux ou des êtres humains infectés

Indirecte

Par l'intermédiaire d'un vecteur (tiques du genre *Hyalomma*)



Hôtes des tiques du genre *Hyalomma*

Tous les hôtes de la tique ne sont pas en mesure de répliquer le virus. Les animaux à surveiller, ceux qui accélèrent la circulation du virus, sont appelés des « amplificateurs ».

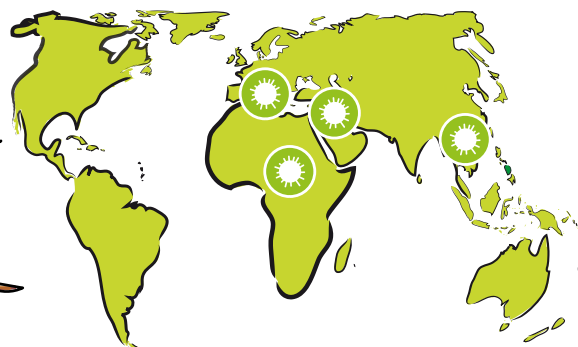
Hôtes non amplificateurs :
Chevaux, oiseaux



Hôtes amplificateurs :
Bovins, petits ruminants



Localisation



2018, des anticorps ont ainsi été retrouvés chez des bovins et petits ruminants en Corse, sans que le virus ne soit pourtant formellement identifié.

La probabilité qu'un être humain contracte la fièvre hémorragique de Crimée-Congo est cependant considérée comme faible, et signifie certainement une très forte circulation du virus au sein des animaux vertébrés et des tiques. Or, l'absence de symptômes des bêtes

contaminées rend ce niveau de circulation très difficile à déterminer. C'est donc ce à quoi s'attache le Cirad depuis plusieurs années : comprendre les facteurs de propagation du virus et surveiller son émergence en Méditerranée, et ce avant que des cas humains soient déclarés.

Expertise
Laurence Vial

Impliquer la population dans le signalement des tiques

Afin d'améliorer la surveillance de la tique *Hyalomma marginatum* en France, le Cirad encourage son signalement à travers l'application du projet « CiTique ». Les utilisateurs peuvent également y signaler d'autres espèces de tiques. Voir citique.fr, le programme de recherche participative où les citoyens peuvent aider la recherche sur les tiques et les maladies qu'elles transmettent.

Dans le sud de la France, six autres espèces de tiques ont également été repérées dans les élevages de chevaux grâce aux collectes de *Hyalomma marginatum*. Toutes sont de potentiels vecteurs de maladies pour les animaux, et certaines également pour l'être humain. Notamment, la tique *Ixodes ricinus*, qui transmet la maladie de Lyme, et *Rhipicephalus sanguineus*, vectrice de la fièvre boutonnière humaine.

Fièvre de la Vallée du Rift, une maladie transmise par six genres de moustiques et contact direct

Pathogène



Virus du genre *Phlebovirus*, de la famille des *Phenuiviridae*, il est particulièrement résistant dans le milieu extérieur

Réservoir

Pas de réservoir connu

Se maintiendrait chez les populations d'herbivores sauvages



Transmission

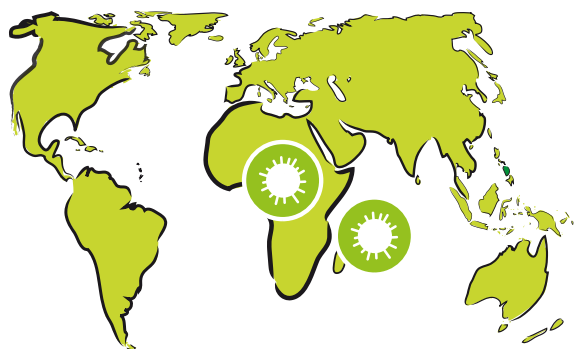
Directe

(mode de transmission principal chez l'être humain) : par contact avec tissus infectés d'animaux malades

Indirecte

(mode de transmission principale chez les animaux) : par l'intermédiaire d'au-moins six genres de moustiques dont *Aedes* et *Culex*

Localisation



La Fièvre de la Vallée du Rift est une maladie virale aiguë des ruminants sauvage et domestique, transmise par piqûres de moustiques d'au-moins six genres de moustiques, dont *Aedes* (dont fait partie le moustique tigre) et *Culex* (dont font partie les moustiques communs en France). Cette fièvre hémorragique se transmet à l'être humain principalement par contact direct avec des animaux d'élevage infectés. Dans certains contextes écologiques, la transmission vectorielle (par piqûre de moustiques) peut devenir la principale voie de transmission aux êtres humains.

Selon une étude publiée en 2020, vacciner 20 % du bétail contre la Fièvre de la Vallée du Rift pourrait réduire le nombre de cas humains de 30 %.

© D. Louppe, Cirad.

En 1990-91 et en 2008-09, Madagascar a subi deux flambées épidémiques majeures, qui ont causé la perte de nombreuses têtes de bétail et – pour la seconde épidémie – 10 000 cas humains estimés dont 26 décès confirmés. En plus de constituer un risque pour la santé publique, la maladie représente un danger majeur pour les élevages, où elle est à l'origine de pertes économiques considérables : vagues d'avortements et d'une mortalité des jeunes bovins, ovins et caprins, mesures d'interdiction du commerce des animaux vivants.

Un test de détection rapide

Afin de lutter contre la propagation de la maladie, une équipe du Cirad a mis au point, en 2018, un premier test de détection, rapide et spécifique, du virus de la Fièvre de la Vallée du Rift. La détection instantanée du virus ouvre la voie à une meilleure prévention face aux épizooties de cette fièvre, telles que celle qui a sévi à Mayotte jusqu'à l'été 2019. Ce test de détection rapide identifie toutes les souches du virus de la Fièvre de la Vallée du Rift.

Lors de l'épidémie-épizootie 2018-2019 à Mayotte, ce test a permis de discriminer immédiatement la Fièvre de la Vallée du Rift des autres maladies. Grâce à cette avancée, les méthodes de traitement et d'isolement des animaux malades peuvent être mises en place immédiatement, et ainsi limiter la propagation du virus.

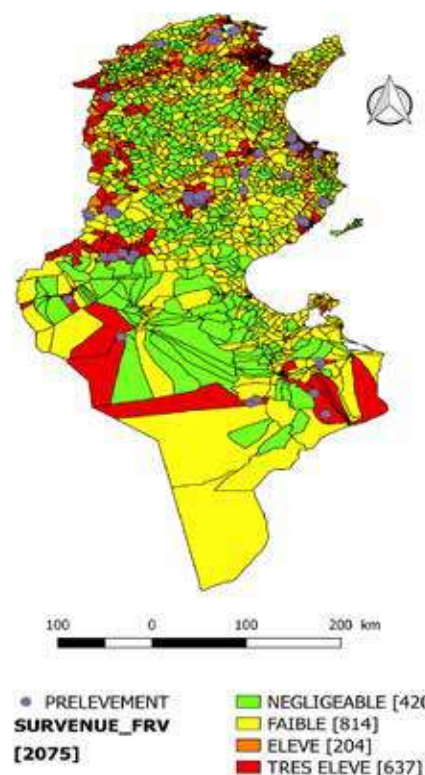
Comment se transmet et persiste le virus dans les écosystèmes ?

En Afrique de l'Ouest (Sénégal et Mauritanie), australe, et dans l'océan Indien, le Cirad s'intéresse, en collaboration avec ses partenaires, à comprendre les mécanismes de transmission et de persistance dans différents écosystèmes de la Fièvre de la Vallée du Rift.

A titre d'exemple, au Sénégal, des travaux ont permis de déterminer le rôle des troupeaux transhumants dans la dissémination du virus. Dans le pays, la maladie se transmet pendant la saison des pluies par les moustiques. Or, ces insectes sont très peu présents lors de la saison sèche, pourtant le virus ne disparaît pas et les zones d'émergence de la maladie se déplacent d'une saison des pluies sur l'autre. Les scientifiques ont ainsi découvert que les troupeaux transhumants servent de réservoir du virus et réensemencent les points d'eau en virus chaque fois qu'ils s'y arrêtent.

Evaluer le risque d'introductions sur des territoires encore indemnes

Des travaux sont également menés sur les facteurs de risque d'introduction et de propagation de la maladie, conduisant à l'élaboration de cartes de risque et contribuant à optimiser la surveillance sur le terrain. Ainsi, le Cirad interagit avec les services vétérinaires d'Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali, Burkina, Tchad, Niger) et du Nord (Mauritanie, Maroc, Algérie et Tunisie) pour réaliser des cartes de risque et déployer des programmes de surveillance et de contrôle basés sur le risque.



Ce type de carte de risques [ici Tunisie] permet notamment d'optimiser les stratégies de vaccination, en ciblant des zones prioritaires © S. Kalthoum

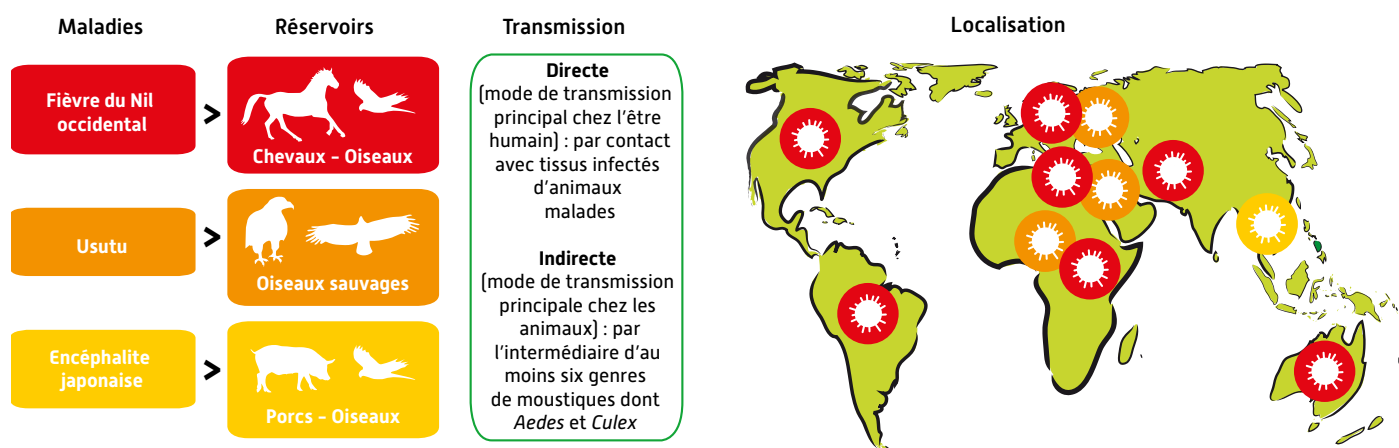
Expertise
Véronique Chevalier, Catherine Cetre-Sossah, Cécile Squarzoni Diaw, Thomas Balenghien



Focus sur trois *Flavivirus* transmis par les moustiques du genre *Culex*

Le *Culex pipiens*, moustique commun en Europe, est un vecteur de plusieurs arbovirus, tels que le virus du Nil occidental, Usutu et de l'encéphalite japonaise.
© F. Thiaucourt, Cirad.

Le virus de la fièvre du Nil occidental, Usutu et de l'encéphalite japonaise appartiennent à la même famille de virus que celui de la dengue, de la fièvre jaune, du Zika : les *Flavivirus*.



La fièvre du Nil occidental, une progression mondiale

En France métropolitaine, une épidémie fut signalée en 1962-1963 en Camargue. Oubliée pendant des décennies et reléguée au rang des maladies qualifiées « d'exotiques », la fièvre du Nil occidental fait maintenant partie de l'actualité sanitaire de nombreux pays du bassin méditerranéen. L'année 2018 a notamment été marquée par une épidémie sans précédent à l'échelle européenne, avec plus de 2 000 cas humains signalés et 187 décès.

Le virus de la fièvre du Nil occidental est l'arbovirus – virus transmis par des arthropodes hématophages (moustiques, tiques, etc. – qui possède la plus forte distribution géographique : la maladie est en effet présente sur tous les continents, jusqu'en Sibérie. La fièvre du Nil occidental est particulièrement virulente chez les rapaces et les corvidés. Aux Etats-Unis, la hausse de la mortalité des corneilles est ainsi considérée comme un indicateur d'une forte circulation de la maladie.

D'origine africaine, le virus est régulièrement introduit en Europe par les migrations d'oiseaux

sauvages. Au Cirad, plusieurs scientifiques s'intéressent à la circulation de cette maladie au sein des populations de moustiques ainsi que de la faune.

Des analyses génétiques poussées

Le virus étant très difficile à détecter, les équipes de chercheurs ont souvent besoin de capturer plusieurs milliers de moustiques pour le déceler. Sur les moustiques capturés, les scientifiques effectuent ensuite deux types d'analyses : spécifiques (qui visent spécifiquement le virus de la

fièvre du Nil occidental), et métagénomiques non-ciblées (qui observent l'ensemble du spectre de virus dont les moustiques sont porteurs).

Ce deuxième type d'analyses, plus complètes, a déjà permis de mettre en évidence la circulation des virus jusque-là inconnus et récemment impliqués dans des atteintes neurologiques sévères en France (voir Usutu, page suivante). Par ces études, l'ambition des chercheurs est de découvrir un virus n'infectant que les moustiques et qui se révélerait néfaste aux *Arbovirus*, c'est-à-dire les virus transmis par des arthropodes hématophages, tels que celui de la fièvre du Nil occidental.

ARBOSUD (2018-2021 ; France, Burkina Faso)

ARBOSUD s'intéresse aux interactions entre arbovirus, moustiques vecteurs et environnement. Financé par l'Université de Montpellier, le projet possède plusieurs terrains d'études au Burkina Faso et en France. En Camargue et en Occitanie, les scientifiques du Cirad procèdent chaque année à de nombreuses collectes de moustiques et d'échantillons de fluides auprès d'animaux. Ces données permettent une meilleure compréhension des déterminants environnementaux, et donc du risque épidémiologique.

Usutu, un virus africain émergent en Europe

Le virus Usutu a été détecté pour la première fois en France en 2015. De juin à septembre, les scientifiques l'ont ainsi repéré sur plusieurs sites chez des moustiques de l'espèce *Culex pipiens*, communs en France, et avec des prévalences importantes (plus d'un moustique sur dix). En 2016, deux souches du virus se sont déplacées en Europe. Une a causé un cas humain à Montpellier, et l'autre a engendré de sévères mortalités d'oiseaux. Les symptômes chez l'humain sont très souvent asymptomatiques, mais peuvent déclencher dans certains cas de la fièvre, des éruptions cutanées, une encéphalite classique et méningée, voire une paralysie faciale partielle.

Usutu a une écologie similaire au virus de la fièvre du Nil occidental. Il arrive en Europe avec les oiseaux migrateurs, et circulent entre animaux grâce au moustique *Culex pipiens*. Depuis 2015, les équipes du Cirad suivent de près l'évolution de ce virus en France. Chaque année, elles capturent des moustiques et cherchent la présence du virus. Les scientifiques travaillent notamment de près avec le zoo de Montpellier, et y surveillent la circulation du virus chez les moustiques, les oiseaux et les mammifères captifs.

Le virus Usutu est capable d'infecter plus d'une cinquantaine d'espèces d'oiseaux, réparties sur plus de vingt familles d'oiseaux différentes. Les rapaces et les merles noirs sont particulièrement impactés. En 2018, certaines régions d'Allemagne ont ainsi vu disparaître 60 % de leurs populations de merles. Fort heureusement, pour Usutu, seuls

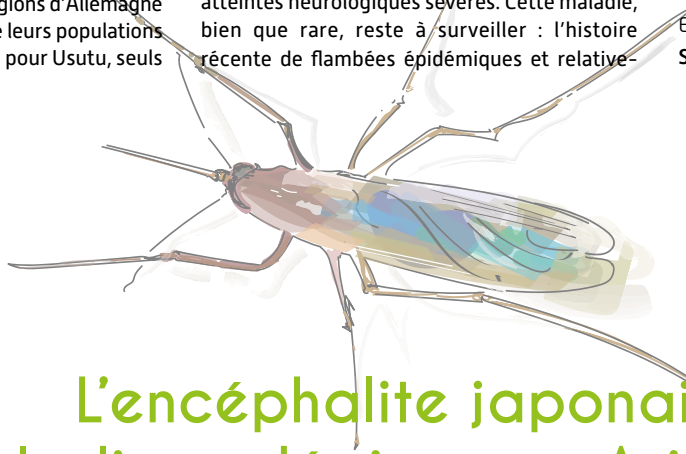


Le zoo de Montpellier est un laboratoire à ciel ouvert pour les équipes du Cirad et de l'Université de Montpellier, qui y étudient la circulation d'Usutu et de la fièvre du Nil occidental entre les moustiques et la faune présente. © Y. Sanguine, Cirad.

28 cas d'infections humaines ont été rapportés en Europe ces dix dernières années. Aucune n'était mortelle, mais certaines ont causé des atteintes neurologiques sévères. Cette maladie, bien que rare, reste à surveiller : l'histoire récente de flambées épidémiques et relative-

ment inattendues d'autres arboviroses, comme le Chikungunya ou le Zika, invite la communauté scientifique à mieux comprendre ce virus.

Expertise
Serafin Gutierrez



L'encéphalite japonaise, une maladie endémique en Asie, qui risque de s'étendre à d'autres régions du monde

Malgré l'existence d'un vaccin, l'encéphalite japonaise demeure la première cause d'encéphalite en Asie du Sud-Est. Sa transmission est endémique dans 24 pays, ce qui représente plus de 3 milliards de personnes exposées au risque, soit près de la moitié de la population mondiale.

Le virus responsable de l'encéphalite japonaise est transmis à l'être humain par des moustiques du genre *Culex*, inféodés aux zones humides et aux rizières, et couramment associée aux régions

rurales. Pourtant, le virus circule également jusqu'aux zones périurbaines, et pourrait bien s'étendre. Entre 1997 et 2000, de l'ARN du virus a été détecté dans des prélèvements d'oiseaux sauvages en Italie. En 2017, un cas humain et autochtone d'encéphalite japonaise a été déclaré en Angola.

Le Cirad cherche à identifier les zones géographiques où les conditions climatiques sont favorables à la fois pour les hôtes et les vecteurs. De nouveaux travaux tentent ainsi d'évaluer les risques de diffusion et d'endémisation, notamment dans l'océan Indien, région du monde très

connectée à l'Asie par les transports aériens et maritimes. Enfin, les scientifiques du Cirad espèrent aussi mieux comprendre comment la maladie fonctionne et se transmet aux animaux et à l'être humain. Dans une étude menée au Cambodge, les chercheurs ont notamment découvert que les chiens étaient particulièrement exposés à la maladie. Leur proximité avec les humains peut donc en faire une espèce sentinelle, permettant d'estimer l'exposition des populations humaines au virus.

Expertise
Julien Cappelle

L'antibiorésistance : une menace globale



© R. Carayol, Cirad

En septembre 2016, les Nations unies ont reconnu que le phénomène d'antibiorésistance, comme menace mondiale pour la santé et le développement humain. Selon l'OMS, l'antibiorésistance pourrait causer, d'ici 2050, près de 10 millions de morts par an, en plus d'entraîner un ralentissement de la production d'aliments d'origine animale de 3 à 8 % chaque année.

Les équipes du Cirad travaillent à mieux comprendre les mécanismes de développement et de propagation de ces « super bactéries » dans les élevages d'animaux terrestres et aquatiques. Ils se focalisent, selon les régions, sur la surveillance de l'usage d'antibiotiques, de l'émergence de bactéries résistantes, sur la sensibilisation des populations locales à ces dangers sanitaires, et enfin sur le développement d'alternatives aux antibiotiques.

Un réseau de surveillance active dans l'océan Indien

Dans les îles de l'océan Indien, les équipes du Cirad ont établi, sous l'égide de la Commission de l'océan Indien, et dans le cadre du réseau SEGA

One Health, une surveillance de l'antibiorésistance. Car l'utilisation inappropriée d'antibiotiques dans les élevages peut entraîner une augmentation des phénomènes d'antibiorésistance. Entre 2016 et 2020, les scientifiques ont ainsi réalisé des prélèvements dans plus de 300 élevages de bovins, de porcs et de volailles. Les données ont montré des taux de résistance conséquents chez les poulets et les porcs. La présence de bactéries résistantes serait associée à un usage d'antibiotiques pour des raisons thérapeutiques, à la présence d'animaux domestiques dans l'exploitation ou encore à des visites récurrentes d'autres éleveurs. Les travaux ont par ailleurs mis en exergue le rôle prépondérant de la qualité de l'eau, ainsi que la mise en œuvre adéquate des mesures de nettoyage et de bio-sécurité, dans la lutte antibactérienne. Suite à l'application de ces mesures à l'île de la Réunion, la situation est en nette amélioration.



Les taux de résistance les plus importants aux antibiotiques ont été enregistrés dans les élevages de porcs à Madagascar, avec des risques importants d'échanges bactériens dus à la forte proximité de l'homme et l'animal. © V. Porphyre, Cirad



Qu'est-ce que l'antibiorésistance ?

Les antibiotiques sont régulièrement utilisés en élevages terrestres ou aquicoles pour combattre les maladies bactériennes et pour améliorer la croissance des animaux dans certains élevages. Cet emploi quasi-généralisé participe au développement, chez l'être humain comme chez les animaux, de bactéries résistantes aux antibiotiques. C'est ce que l'on appelle l'antibiorésistance.

Des activités de sensibilisation auprès des éleveurs et vétérinaires d'Asie du Sud-Est

En Asie du Sud-Est, l'analyse d'une multitude de données provenant de plusieurs pays de la région a montré que l'augmentation récente du niveau de vie a suscité un fort accroissement de la demande en protéines animales, générant une intensification de la production et également de l'usage des antibiotiques. Résultat : l'antibiorésistance y a fortement progressé, aggravée par le manque de réglementation des réseaux de vente d'antibiotiques, les faiblesses dans la surveillance de leur emploi et le manque de cadres législatifs adaptés.



Au Vietnam, les élevages intensifs tentent de réduire l'usage des antibiotiques.
© V. Porphyre, Cirad

Le Cirad lutte contre cette tendance en coordonnant des activités de formation et de sensibilisation des acteurs locaux (éleveurs, vétérinaires, etc.). En partenariat avec la FAO, les partenaires locaux (services vétérinaires et universités) et l'AVSF, des guides pour une amélioration de la biosécurité des élevages et une meilleure utilisation des antibiotiques sont diffusés aux éleveurs lors d'ateliers de formations. Les scientifiques étudient par ailleurs les récents changements de pratiques des éleveurs dans la réduction de l'usage des antibiotiques. En effet, au Vietnam par exemple, l'opinion publique fait preuve d'un intérêt accru pour une alimentation de qualité. Poussés par des consommateurs de plus en plus exigeants, certains éleveurs revoient leurs modes de production. Afin d'appréhender les freins et motivations de tels changements de pratiques et de comprendre l'organisation légales de ces nouvelles certifications, les équipes du Cirad procèdent à des études de terrain, collectant de l'information auprès des éleveurs, des acteurs de la filière médicaments et des décideurs locaux. Ceci dans le but de co-développer des stratégies de réduction d'utilisation d'antibiotique efficaces et d'en tirer de recommandations nationales.

ROADMAP (2019-2023 ; Europe, Mozambique, Vietnam)

Ce projet, basé dans 9 pays d'Europe, ainsi qu'au Mozambique et au Vietnam, cherche à comprendre l'utilisation des antibiotiques en santé animale. Eleveurs, vétérinaires, fabricants de médicaments, autorités sanitaires... Les pratiques de différents acteurs sont observées à la loupe afin d'imaginer un usage plus raisonné de ces antimicrobiens, permettant à terme de limiter le risque d'apparition de phénomènes d'antibiorésistance. ROADMAP est un projet financé à hauteur de 6 millions d'euros par le programme H2020 de l'Union européenne.

Des alternatives aux antibiotiques en aquaculture

Le Cirad travaille à l'élaboration d'alternatives à l'usage des antibiotiques, notamment en aquaculture. Depuis quelques années, le secteur aquacole connaît un taux de croissance soutenu, essentiellement en Asie. Or, cette intensification de la production est allée de pair avec l'usage excessif d'antibiotiques, trop souvent utilisés de manière abusive.

Afin de promouvoir une aquaculture plus durable, les scientifiques du Cirad et de l'IRD étudient, au sein de l'UMR ISEM, l'effet des plantes pour renforcer l'immunité du poisson et sa résistance aux maladies. Certaines plantes locales sont connues pour leurs propriétés antibactériennes et immunostimulantes, capables par exemple d'inhiber la virulence des bactéries pathogènes du poisson. Une étude ethnobotanique menée auprès des pisciculteurs de l'île de Java en Indonésie a ainsi permis d'identifier dix-huit espèces de plantes à

visée thérapeutique utilisées dans les élevages. L'ISEM a ainsi démontré que l'utilisation de poudre de feuilles de *Litsea cubeba*, un petit arbre de la famille des Lauracées, a des effets biologiques sur la carpe commune (*Cyprinus carpio*, espèce dominant la production mondiale de poisson avec environ 4 millions de tonnes par an), notamment sur la croissance, l'immunité non spécifique et la survie.

Ces plantes, issues de la biodiversité végétale, traditionnellement utilisées par les pisciculteurs, représentent donc des alternatives intéressantes pour l'intensification écologique des systèmes aquacoles et la prévention des maladies en aquaculture. Ces travaux sur l'identification d'alternatives aux antibiotiques se poursuivent également dans l'océan Indien, en utilisant la richesse de la biodiversité de la zone.

Le réchauffement climatique favorise-t-il l'antibiorésistance ?

En aquaculture, l'évolution vers des pratiques de production moins dépendantes en antibiotiques est urgente. Une étude, publiée en 2020 par des scientifiques de l'IRD et du Cirad, établit pour la première fois le lien entre réchauffement climatique et risques accrus d'antibiorésistance en milieu aquacole. Leurs résultats montrent que le réchauffement climatique favorise le développement des bactéries pathogènes, et donc l'apparition de maladies dans les élevages aquacoles. Cette mortalité accrue incite les éleveurs à utiliser de plus en plus d'antibiotiques, favorisant par la même l'apparition de bactéries résistantes. Or, la propagation des bactéries résistantes, ou la transmission de leurs gènes de résistance à d'autres espèces non résistantes capables d'infecter les êtres humains ou les animaux, risquent d'entraîner des maladies difficiles à traiter chez ces hôtes.

L'aquaculture est le secteur agricole qui bénéficie de la plus forte croissance depuis quelques années. L'usage abusif d'antibiotiques est courant dans les élevages. © L. Dabbadie, Cirad.



Comment améliorer la santé de tous ? Peut-on prévenir plutôt que guérir ? Questions / Réponses avec nos experts

1 > Quels sont les liens entre dégradation de l'environnement, de la biodiversité et les émergences de maladies infectieuses animales et humaines ?

La majorité des maladies infectieuses humaines nouvelles provient des animaux, sauvages en particulier. Comprendre les interactions entre animaux sauvages, domestiques et humains permet de mieux gérer les risques d'émergence de maladies.

Julien Cappelle,
écologue de la santé

« En pratiquant la déforestation pour le développement de l'agriculture et de l'élevage, les communautés locales entrent en contact avec des cycles microbiens qu'abritent les grands biomes forestiers »

« Il n'y a jamais eu une telle densité d'êtres humains et d'animaux domestiques sur la planète. Par conséquent, les contacts avec la faune sauvage sont plus fréquents. L'intensification de l'élevage et des activités humaines, dans des zones où la biodiversité est forte, accélère ces contacts entre la faune sauvage et la faune domestique, et accroît les risques d'émergence de nouvelles maladies.

La déforestation, notamment dans les zones intertropicales, où se concentre une diversité biologique importante et où les sociétés demeurent encore très vulnérables, favorise ces émergences. En pratiquant la déforestation pour le développement d'une agriculture et de l'élevage, les communautés locales entrent en effet en contact avec les animaux sauvages, et donc avec les cycles microbiens qu'abritent les grands biomes forestiers.



Julien Capelle relâche une chauve-souris équipée d'une balise GPS. © N. Furey, FFI

L'une des clés pour mieux comprendre ces dynamiques de transmission et les éviter réside dans l'écologie des animaux sauvages. Par exemple, plusieurs études montrent qu'il existe un lien entre les cycles de reproduction des animaux et la circulation des agents pathogènes. Ces informations sont primordiales pour connaître les périodes de l'année pendant lesquelles les contacts avec certains animaux sont les plus risqués. »

Serge Morand,
écologue de la santé

« L'accroissement du bétail, sur l'ensemble de la planète, impacte directement la faune sauvage et augmente le nombre d'épidémies chez l'être humain et l'animal domestique »

« Il existe un lien entre la hausse du nombre d'épidémies, la perte de biodiversité et l'augmentation du bétail.

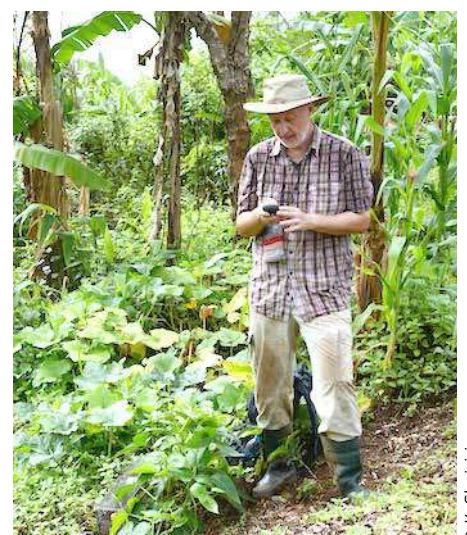
Plusieurs études montrent la corrélation entre l'augmentation du nombre d'épidémies répertoriées chez les humains dans chaque pays (16 994 épidémies pour 254 maladies infectieuses entre 1960 et 2019) et la perte locale de biodiversité. Cela signifie que l'émergence d'épidémies est un marqueur inquiétant pour la conservation des espèces, et illustre les derniers soubresauts d'une biodiversité en extinction.

Cependant, contrairement à ce que l'on pourrait croire, le risque épidémique ne diminue pas avec la disparition des espèces : il est au contraire relayé par l'augmentation du nombre de têtes de bétail. Il s'agit d'un deuxième résultat, que des travaux scientifiques ont pu confirmer, et qui

montre que l'accroissement du bétail, sur l'ensemble de la planète, impacte directement la faune sauvage et augmente le nombre d'épidémies chez l'être humain et l'animal domestique.

Ce résultat invite à réfléchir à la place de l'animal d'élevage et de sa croissance dans le monde. Une nouvelle vision, intégrant les valeurs culturelles associées aux animaux, est nécessaire à la réflexion sur la place commune des animaux sauvages et domestiques dans nos sociétés. Il s'agit d'un passage obligé, si l'on souhaite réellement diminuer les risques sanitaires et protéger la biodiversité.

Un autre enjeu qui devient problématique : la mise en élevage des animaux sauvages, qui augmente en Asie du Sud-Est. Certaines espèces de rats des rizières, par exemple, sont mises en élevage car appréciées pour leur viande et



© K. Chaisiri

sources de revenus complémentaires. Or ces exploitations s'effectuent dans de mauvaises conditions sanitaires et éthiques, et ne bénéficient pas du suivi vétérinaire nécessaire. Les rongeurs sont stressés par ce type d'environnement, ce qui amenuise leur réponse immunitaire, et sont en contact avec d'autres animaux ainsi que les humains qui les manipulent. Les risques de débordement d'agents pathogènes et d'émergence de maladies infectieuses y sont donc importants. »

2 > À quel moment les contacts humains-animaux sont-ils rapprochés et comportent-ils des risques de transmission de maladies ?

Les contacts rapprochés entre les êtres humains et les animaux augmentent le risque d'échange d'agents pathogènes. Les éleveurs, les professionnels des abattoirs, les chasseurs, les consommateurs de viande de brousse peuvent être exposés, si les précautions sanitaires de base ne sont pas respectées. C'est le cas dans certains pays d'Asie du Sud-Est ou d'Afrique.

Véronique Chevalier,
vétérinaire épidémiologiste,
coordinatrice du projet ZooCov

« Nous cherchons à élaborer un cadre de détection précoce des transmissions virales de la faune sauvage à l'être humain »

« La crise sanitaire engendrée par le SARS-Cov-2 a montré que le commerce des espèces sauvages et la consommation de viande d'animaux sauvages pouvaient jouer un rôle dans la transmission de pathogènes des animaux aux humains. Dans certaines régions, la viande d'animaux sauvages, aussi appelée « viande de brousse », fait partie intégrante des régimes alimentaires des populations, et ce depuis plusieurs générations.

Ce que l'on observe cependant, depuis quelques années, et notamment en Asie du Sud-Est, c'est

une hausse de la consommation d'animaux sauvages. Or, avec cette demande en augmentation, on voit une intensification de la chasse et du commerce de viande de brousse.

En 2020, le Cirad a lancé un projet international, appelé ZooCov, qui vise à développer un système flexible et intégré de détection précoce de la transmission des betacoronavirus entre l'animal sauvage et l'être humain. Sur deux sites cambodgiens, nous nous intéresserons aux principales chaînes commerciales des espèces sauvages et



© A. Tran, Cirad

aux pratiques et perceptions en matière de consommation de viande d'animaux sauvages. Nous quantifions d'autre part la présence et la diversité de ces virus dans la viande d'animaux sauvages, et cherchons à identifier les vecteurs d'infection animale et d'exposition humaine. Notre objectif, en croisant ces informations, est d'élaborer un cadre méthodologique de détection précoce des transmissions virales de la faune sauvage à l'être humain, qui puissent être étendu à d'autres situations. »

Sébastien Le Bel, vétérinaire,
coordinateur pour le Cirad du programme
Sustainable Wildlife Management (SWM)

« La consommation de viande de brousse fait partie des us et coutumes de certaines populations. Elle est indispensable à leur alimentation quand elles n'ont pas accès à d'autres sources de protéines. Mais des pratiques à risque existent, notamment la chasse illégale d'espèces et la préparation hors normes sanitaires de cette viande. Ces deux activités sont au cœur de la transmission des agents pathogènes entre animaux sauvages et êtres humains.

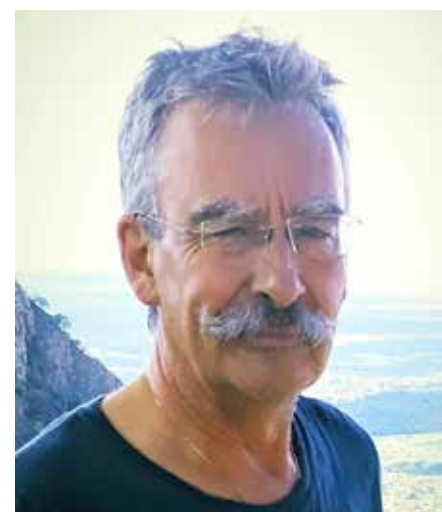
Dans le programme SWM, nous contribuons à la conservation de la ressource, la faune sauvage, et encourageons les pratiques de chasse et pêche durables, en respectant les recommandations sanitaires pour limiter les risques d'infection et de diffusion de maladies. En faisant sortir le commerce de la viande de brousse de l'illégalité, nous voulons accentuer la visibilité et les contrôles, permettre la surveillance et faire diminuer les risques sanitaires.

Cela passe par un renforcement des compétences de gestion des communautés autochtones et

rurales, par la promotion de filières de productions animales sauvages et domestiques saines et durables, et par une révision des cadres juridiques et réglementaires.

Nos zones d'interventions sont nombreuses, et constituent un ensemble de contextes sociaux et écologiques très différents : Tchad, République démocratique du Congo, Gabon, Guyana, Madagascar, Mali, Papouasie-Nouvelle-Guinée, République du Congo, Sénégal, Soudan, Zambie, et Zimbabwe. Nous testons des modèles de gouvernance et de gestion durables, en collaboration étroite avec les administrations, universités nationales et les acteurs locaux. Cette couverture géographique inédite est associée à des activités diverses comme le soutien aux politiques publiques de conservation, la création d'emplois agricoles, l'autonomisation des femmes, ou la défense des droits des populations autochtones. Tout cela fait de ce projet un véritable modèle, face à des besoins écologiques et économiques de plus en plus pressants pour les populations les plus pauvres. »

« Nous encourageons une chasse durable dans le respect des réglementations sanitaires »



© Cirad

Pour en savoir plus
<https://www.swm-programme.info/>

3 > Peut-on prévenir ou surveiller l'émergence ou la ré-émergence de maladies ?

Comprendre les causes de l'émergence des maladies est essentiel pour mieux les prévenir. Encore faut-il disposer de systèmes de surveillance efficaces et capables de mettre en réseau les différents acteurs.

Renaud Lancelot,
vétérinaire épidémiologiste,
coordinateur du projet MOOD

« Avec MOOD, nous nous efforçons d'améliorer les capacités de veille sanitaire globale »



© Cirad

« En 2020, le Cirad, avec 25 partenaires provenant d'une douzaine de pays européens et des Etats-Unis d'Amérique, a démarré un nouveau projet de renforcement du dispositif de veille sanitaire en Europe : MOOD. A travers ce projet, nous avons pour ambition d'améliorer la veille sanitaire européenne et mondiale, avec un focus sur les maladies exotiques ou émergentes à potentiel pandémique.

Dès le début du projet, la pandémie de la Covid-19 a réorienté une partie importante des actions de MOOD dans la lutte contre ce fléau. Nous avons ainsi mis en application immédiate le processus d'innovation, fondateur du projet : évaluation des besoins des utilisateurs (les agences de santé publique humaine et vétérinaire), priorisation des activités de recherche en réponse à ces besoins, et accompagnement des agences dans la mise en œuvre des résultats de la recherche. De nombreuses équipes de Mood ont ainsi répondu aux sollicitations de leurs agences nationales et de l'European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) de Stockholm : production de jeux de données standardisées pour les analyses épidémiologiques, rapports sur des scénarios de contrôle, risques d'introduction et de diffusion de nouveaux variants... Nous avons d'ailleurs fait un premier bilan de ces interventions lors d'un atelier organisé avec les chercheurs et les agences au mois de décembre 2020.

Parallèlement, nous avons effectué une enquête d'évaluation des besoins en matière de veille épidémique, auprès des dix agences de santé publique et vétérinaire partenaires de MOOD. Les résultats ont été présentés et discutés avec les agences et les chercheurs de MOOD, ce qui a permis d'affiner leurs travaux.

La démarche du projet est novatrice : elle nécessite de décloisonner des domaines trop longtemps restés concentrés sur leurs approches respectives. Or, les communautés d'agents microbiens ou parasitaires, mais aussi l'exposition commune de leurs hôtes à des conditions environnementales ou socio-économiques changeantes, aboutissent à créer des liens étroits entre la santé humaine, la santé des animaux domestiques et sauvages, et celle des écosystèmes. Une des ambitions de MOOD est de rapprocher la vision et les objectifs des services de santé publique et de santé vétérinaire en matière de surveillance des maladies communes à l'animal et à l'humain, en traitant des exemples précis tels que la surveillance de l'influenza aviaire, de certaines infections transmises par les tiques, ou encore la fièvre du Nil occidental. Un grand pas est ainsi fait pour la mise en pratique d'une approche « Une seule santé ».

Une partie de nos activités s'intéresse également aux indices d'émergence, directs ou indirects.

Cela regroupe, par exemple, les données de réseaux sociaux, ou des articles de presse en ligne, réagissant à l'apparition d'une maladie inconnue. Cette fouille de données, effectuée pour les articles en ligne avec la plateforme informatique PADI-web développée par le Cirad, peut s'avérer cruciale pour la détection précoce des émergences. Enfin, nous travaillons à construire des cartes de risque d'émergence grâce à des outils de modélisation mais aussi, et surtout, à des sources de données validées, homogénéisées, sécurisées et durables.

Au-delà des aspects technologiques, le principal objectif de MOOD est donc de mettre en réseau tous les acteurs de la surveillance épidémiologique afin d'acquérir une veille sanitaire globale, active et solide à l'échelle du continent. De par son mandat, le Cirad s'attache particulièrement à diffuser ces innovations aux partenaires du Sud. »



Dans le cadre de MOOD, la plateforme PADI-web a détecté les premiers signaux d'apparition de la Covid-19. © M.-I. Peyre, Cirad

MOOD (2020-2024 ; Union européenne)

Développé dans le cadre du programme européen Horizon 2020, MOOD pèse 14 millions d'euros et réunit 25 partenaires parmi 12 pays de l'Union. Ce projet de 4 ans vise à améliorer la veille sanitaire européenne, avec un focus sur les maladies exotiques ou émergentes. Le but est de construire de nouveaux outils de surveillance, de contrôle et de partages de l'information entre les différents acteurs de la santé publique et vétérinaire en Europe. Des travaux seront conduits en France, Serbie, Finlande, Italie, Espagne, puis les résultats seront disséminés dans tous les pays de l'UE.

Le Cirad a été choisi pour coordonner MOOD, pouvant s'appuyer à la fois sur son expertise sur les maladies tropicales, mais aussi sur sa veille en ligne des maladies animales (PADI-web), et enfin sur ses capacités de mises en réseau déjà éprouvées dans les Caraïbes et l'océan Indien.



Mathieu Roche, chercheur en informatique spécialisé dans la fouille de données

« *PADI-web, une plateforme d'épidémiosurveillance animale en ligne utilisée par la cellule française de Veille Sanitaire internationale et le projet européen MOOD* »

« Le Cirad développe depuis plusieurs années une plateforme de veille en santé animale, PADI-web. PADI-web est une plateforme, accessible en ligne, qui décortique des centaines d'articles de Google News par jour. Peste porcine africaine, grippe aviaire, virus de Schmallenberg... mais également des maladies nouvelles comme le coronavirus : nous surveillons ainsi toutes les maladies en lien avec la santé animale. Notre objectif, avec PADI-web, est de compléter les sources officielles de veille sanitaire par des informations non-officielles.

Les articles en ligne que notre plateforme traite sont issus de Google News. L'outil traduit toutes les langues, vers l'anglais : ces articles émanent

donc des quatre coins de la planète. Ces informations ne découlent pas de données officielles, et certains articles ne mentionnent que des symptômes. Le but de PADI-Web est de trier et organiser toutes ces informations non-officielles, qui pourraient passer à la trappe.

PADI-web repère des noms de maladies, des animaux hôtes, des symptômes, des dates, des lieux, ainsi que toute une liste de mots-clés, tels que « épidémie », « virus », « alerte ». Avec ces recherches, nous sommes parfois capables de détecter des foyers de maladies avant qu'ils ne soient déclarés officiellement, voire de détecter un début de maladie avant même qu'elle ne soit nommée sur la base de la description des symp-

tômes. Par ailleurs, nous collectons des informations complémentaires tout à fait cruciales, comme des campagnes de vaccination ou des mesures de contrôles.

Actuellement, PADI-web regroupe plus de 200.000 articles en ligne et est utilisé par la cellule de Veille Sanitaire internationale (VSI) de la plateforme française d'Epidémiosurveillance en Santé Animale (ESA). Coordonnée par le Cirad, la VSI a pour objectif de détecter et de suivre toutes les menaces potentielles de risques sanitaires pour le territoire français. A cette fin, nous utilisons à la fois les données officielles, et les données non-officielles, notamment celles collectées grâce à PADI-web. »

François Roger, vétérinaire et épidémiologiste

« *Des systèmes de surveillance à toutes les échelles, du local à l'international, sont à co-construire, et il est nécessaire qu'ils soient bien coordonnés* »

« Pour mettre en place une surveillance locale efficace, il faut nécessairement reconnaître et se nourrir d'une participation active de l'ensemble des acteurs : autorités publiques, patients, éleveurs, professionnels de la santé, corps intermédiaires, élites locales... C'est indispensable si l'on souhaite coconstruire des systèmes de surveillance adaptés aux contingences locales.

Les méthodes participatives sont récentes dans le domaine de l'épidémiologie et se montrent performantes localement, au Sud comme au Nord. Ce sont des approches qui complètent efficacement les systèmes de surveillance classique. Au Cirad, nous nous basons également sur d'autres informations, souvent inexploitées, comme les données sur la biodiversité, le climat,

les changements d'usage des terres... Nous nous appuyons également sur des sources informelles, en utilisant par exemple la surveillance numérique, comme le fait la plateforme PADI-Web.

Enfin, si l'on veut que l'information circule correctement, il est indispensable de connecter les réseaux régionaux de santé et de construire un dispositif d'envergure mondiale dans une logique « One Health ». Le Cirad travaille donc conjointement à l'élaboration d'instruments de surveillance locale, régionale et internationale. Nous construisons ces systèmes de surveillance en partenariat avec les acteurs locaux, médecins, vétérinaires, agriculteurs, etc. ainsi qu'avec les agences internationales telles que l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), l'Organisation mondiale de la



© E. Bru, Cirad

Santé animale (OIE) et l'Organisation des Nations unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO). Ces systèmes de surveillance sont mis en place à différentes échelles, et nous tentons d'améliorer leur coordination. C'est le cas dans l'initiative PREZODE. » [Voir page suivante].



Marisa Peyre sur le terrain, au Ghana, en train de réaliser des enquêtes participatives. © Cirad

Nathalie Vachier, microbiologiste, et Marisa Peyre, épidémiologiste, spécialiste des systèmes de surveillance, co-pilotes de l'initiative PREZODE pour le Cirad

« Avec PREZODE, nous visons la prévention,
la détection précoce et la riposte rapide aux risques
de pandémies d'origine animale »

« PREZODE a été initiée par trois instituts de recherche français – INRAE, le Cirad et l'IRD – en lien avec plusieurs dizaines d'organisations de recherche, publiques et privées, de plus de 50 pays, et des organisations internationales telles que l'OMS, l'OIE, la FAO, et l'UNEP. C'est une approche inédite, à une échelle encore jamais atteinte, pilotée par la recherche scientifique, pour construire de manière participative des solutions adaptées avec les individus confrontés aux risques sanitaires, qui sont en première ligne, notamment les populations du Sud. Il s'agit ainsi de renforcer la collaboration internationale sur la prévention des émergences et la réaction rapide aux premiers signes d'émergence.

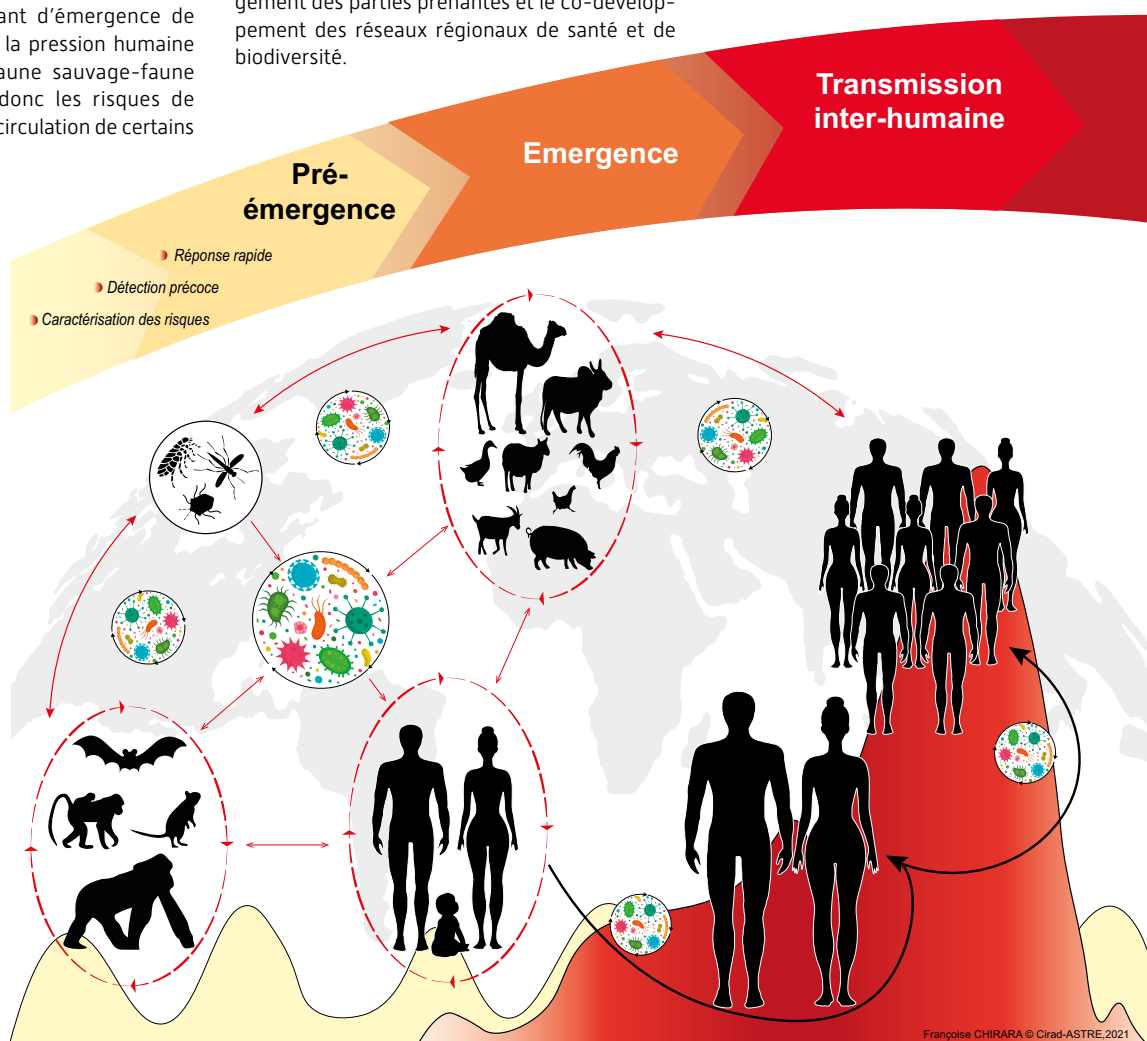
Plutôt que de réagir aux émergences, il faut les éviter. Or pour éviter les émergences, il faut réduire les risques et l'empreinte de l'être humain sur la biodiversité. La perte de biodiversité dans les zones de forte biodiversité est en effet un facteur de risque important d'émergence de maladies. Dans ces zones, la pression humaine augmente les contacts faune sauvage-faune domestique-humains et donc les risques de transmission, mais aussi la circulation de certains pathogènes.

Pour éviter les pandémies, il faut réagir rapidement aux premiers signaux d'émergence. Des actions rapides doivent être menées à la source au moment de l'évènement pour éviter les sauts d'espèces puis la propagation de la maladie. Pour cela, il s'agit de co-construire des systèmes d'alerte engageant les acteurs locaux. Pour réagir rapidement, il faut aussi avoir des données fiables. D'où l'importance d'impliquer les acteurs en première ligne. Pour que des actions de prévention soient menées et que les systèmes d'alerte fonctionnent, il faut qu'elles soient comprises et acceptées, que chacun comprenne son rôle et sa responsabilité.

PREZODE repose ainsi sur cinq piliers : l'évaluation des risques zoonotiques ; la réduction de ces risques (stratégies de prévention) ; la détection précoce et l'évaluation des impacts socio-économiques des stratégies de surveillance ; le développement d'un système de surveillance internationale des risques zoonotiques ; l'engagement des parties prenantes et le co-développement des réseaux régionaux de santé et de biodiversité.

L'ambition de l'initiative est ainsi de construire des socio-écosystèmes adaptés et résilients, réduisant les risques d'émergences zoonotiques, tout en renforçant la biodiversité et en luttant contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire.

PREZODE vise à fédérer et compléter de nombreux projets et programmes existants, l'initiative s'appuie sur des réseaux de partenaires de la recherche et de terrain existants. Le travail conjoint des chercheurs, des communautés locales et des décideurs pour définir des solutions adaptées devrait déboucher sur la réduction des principaux facteurs à l'origine des risques d'émergences zoonotiques, sur le co-développement de politiques intégrant santé, humaine et animale, et biodiversité, sur des systèmes de surveillance One Health en temps réel, et sur un renforcement des partenariats publics-privés et du dialogue science-société-politique. »



4 > Comment réduire la pression « parasitaire » ? Peut-on éradiquer une maladie ?

Eradiquer une maladie virale passe par des campagnes de vaccinations et, en outre dans le cas de maladies vectorielles, par le contrôle des populations d'insectes vecteurs. Ces actions durent souvent plus d'une dizaine d'années. A l'heure actuelle, on considère que seuls deux virus, celui de la variole et de la peste bovine, ont pu être éradiqués à l'échelle planétaire.

Annelise Tran, modélisatrice

« Pour mener des campagnes de vaccination efficaces et réduire les coûts, on élabore des cartes de risques pour cibler les zones prioritaires à vacciner »

« La modélisation spatiale permet d'établir des cartes de risque d'introduction, de diffusion ou d'émergence des maladies. Pour cela, nous nous basons sur différentes informations. D'une part, les données de laboratoires sur les agents pathogènes ou les vecteurs permettent de construire des statistiques, par exemple, de la durée d'incubation d'un virus, ou de la compétence vectorielle d'une espèce de moustiques. D'autre part, les données de terrain, comme les densités de populations d'animaux ou d'insectes, les potentielles zones de contact entre espèces... Les données climatiques peuvent également entrer en jeu : la pluie ou la température quotidienne ont un fort impact sur les populations de moustiques.

Nous entrons toutes ces informations dans un programme qui va construire des cartes. Sur ces

cartes apparaissent les zones et les périodes où les risques de transmission sont les plus forts, là où, par exemple, la vaccination est prioritaire. Il s'agit de simulations, qui sont, grâce à l'ensemble des données collectées, très solides. Ce type de carte peut par exemple être utilisé pour organiser les campagnes de vaccination d'animaux, pour qui une vaccination à grande échelle demanderait des moyens financiers et humains considérables. Grâce à l'identification de zones prioritaires, on réduit drastiquement les coûts tout en gagnant en efficacité. Selon le même principe, nous élaborons par ailleurs des cartes pour prédire le développement par zone géographique de populations d'insectes vecteurs, comme les moustiques afin d'identifier les zones prioritaires pour la lutte antivectorielle.



© V. Porphyre, Cirad

Pour les maladies vectorielles, et lorsque la vaccination s'avère difficile ou impossible, il s'agit en effet de s'attaquer aux populations de vecteurs : moustiques, tiques, ou encore glossines dans le cas de la maladie du sommeil ou de la trypanosomose animale. De nouvelles techniques ciblées et respectueuses de l'environnement permettent aujourd'hui de réduire localement leurs populations, en dessous du seuil de transmission des maladies.

Thierry Baldet et Jérémy Bouyer, entomologistes

« Vouloir éradiquer sans vaccin une maladie vectorielle à l'échelle du globe serait illusoire, il faut contrôler les populations de vecteurs à une échelle locale ou régionale »

« L'éradication d'une espèce nuisible signifierait une disparition complète à l'échelle du globe. Pour les maladies vectorielles, transmises par des arthropodes comme les moustiques ou les glossines, cela demanderait la disparition complète de certaines espèces. C'est à la fois illusoire et indésirable. Plutôt que l'éradication, il faut viser l'élimination ou le contrôle des populations de vecteurs à l'échelle locale ou régionale, particulièrement dans les zones à risque pour les populations humaines ou animales. Au Sénégal par exemple, des travaux menés en partenariat avec le Cirad et plusieurs acteurs locaux dont l'ISRA ont permis l'élimination des populations de glossines, vectrices de la trypanosomose animale dans la région des Niayes autour de Dakar.

Éliminer une espèce d'un territoire n'est pas sans risque : le vide laissé peut servir de niche écologique à une autre espèce, potentiellement aussi nuisible pour les populations humaines. Sur l'île de La Réunion par exemple, si l'actuel principal vecteur de la dengue, le moustique *Aedes albopictus*, venait à disparaître du fait des campagnes de lutte antivectorielle, il y a fort à parier que le moustique *Aedes aegypti* prendrait

le relais. Or, c'est un excellent vecteur de la dengue !

A La Réunion, le Cirad propose une version améliorée – dite « renforcée » de la technique de l'insecte stérile (TIS) sur les populations de moustiques *Aedes aegypti*, qui sont pour l'instant cantonnés à des zones bien précises, comme les ravines de l'ouest et du sud de l'île. Les premiers lâchers par drone de moustiques mâles stériles traités de biocides sont prévus très prochainement sur la commune de St Joseph en accord



Jérémy Bouyer récoltant des larves d'*Aedes aegypti* dans un Pandanus, St Joseph. © Cirad

avec les populations locales et les élus. L'objectif est de démontrer qu'on peut éliminer localement une population ciblée de cette espèce, avant de s'attaquer à *Aedes albopictus*, qui sera ciblé dans un second temps, afin d'éviter le remplacement de niche, cité comme un risque potentiel par plusieurs comités d'experts français.

La technique de l'insecte stérile (TIS) : une méthode biologique de lutte antivectorielle

La technique de l'insecte stérile (TIS) est considérée comme une technique de lutte biologique. Son principal intérêt est d'être totalement spécifique à une espèce. Les mâles stériles s'accouplent uniquement avec leurs homologues femelles de la même espèce (chez les moustiques, les mâles ne piquent pas). L'autre avantage est que la durée de vie de ces mâles stériles est limitée, ce qui permet de contrôler parfaitement la durée et l'amplitude de l'effort de lutte. Enfin, la TIS n'entraîne pas de développement de résistance aux insecticides chez les insectes ciblés. La TIS renforcée est basée sur le traitement avant leur lâcher des mâles stériles par un biocide qui contamine spécifiquement les femelles sauvages lors de l'accouplement en sus de l'effet stérilisant.

5 > Comment améliorer la santé de tous ?

Les problèmes sanitaires que l'on connaît aujourd'hui (zoonoses, antibiorésistances, pollutions environnementales...) sont pour certains liés à nos systèmes de production agricole. En reconnaissant que les activités humaines impactent le monde dans sa globalité, et donc que l'être humain et la nature sont indissociables, il devient possible d'imaginer des solutions nouvelles et adaptées aux contextes locaux. C'est notamment l'objet du projet Santé-Territoires, coordonné par le Cirad.



Aurélie Binot et Raphaël Duboz, spécialistes des approches intégrées de la santé, coordinateurs du projet Santé-Territoires

« S'entendre entre secteurs sur ce qu'est un territoire en bonne santé »

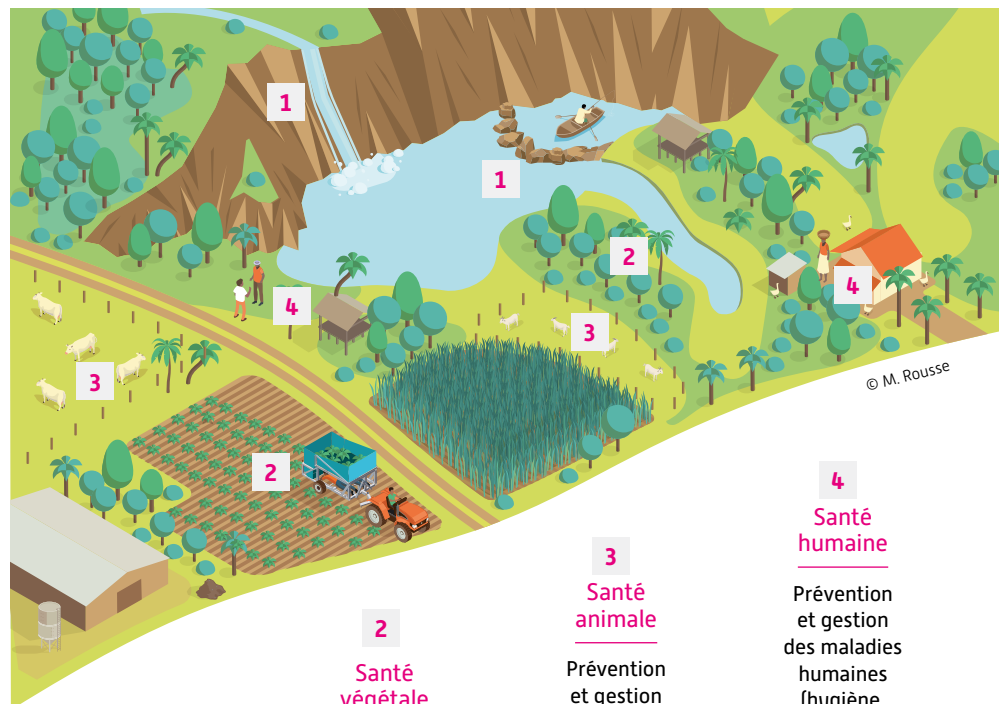
Aurélie Binot sur le terrain, lac de Guiers, Sénégal.
© Cirad

« La notion de santé du territoire va au-delà des santés environnementale, végétale, animale ou humaine. Pour qu'un territoire connaisse un développement local et une paix sociale durables, il faut à la fois considérer la santé globale, mais aussi la qualité sanitaire des produits agricoles. Dans le cadre du projet Santé-Territoires, qui démarre en 2021 et sera déployé sur plusieurs sites au Sénégal, au Bénin, au Laos et au Cambodge, nous misons sur l'agroécologie. Il s'agit d'une façon de produire qui peut s'adapter selon les territoires, permettre de garantir une durabilité de la production agricole et de préserver la santé du territoire dans toutes ses dimensions.

Mais la première étape constitue la définition même de la santé : les acteurs locaux ne sont pas forcément tous d'accord sur ce qu'ils entendent par « santé », et le défi est de les mettre d'accord sur une définition commune et partagée.

Au Sénégal, par exemple, dans la région du lac de Guiers, les pratiques agricoles des compagnies de cannes à sucre peuvent entrer en concurrence avec les éleveurs ou les maraîchers bio. Les premiers considèrent participer à la santé du territoire car ils représentent un pôle d'emploi fort dans un territoire enclavé, et proposent des services de santé à leurs employés. Par contre, ils vont utiliser des pesticides, qui risquent de contaminer l'eau ou la terre, ce qui menace la santé des hommes et de leurs animaux, et même des cultures végétales.

La première chose à instaurer sera donc le dialogue, entre des secteurs qui n'ont pas l'habitude d'échanger. Pour ce faire, le projet Santé-Territoires va mettre en place des livings labs sur les différents terrains d'étude. Les livings labs, ou laboratoires vivants, sont des arènes de discussions où sont représentés tous les points de vue des acteurs d'un territoire. Y seront rassemblés des acteurs qui, autrement, ne se seraient jamais croisés, et qui vont apprendre à faire des choix ensemble sur base d'expérimentations partagées. »



1 Santé environnementale

Prévention et gestion des risques environnementaux (pollution, etc.)

Equilibre des cycles biogéochimiques

Biodiversité naturelle

2 Santé végétale

Prévention et gestion durable des bioagresseurs

Nutrition des plantes adéquate

Agro-biodiversité et équilibre des peuplements

3 Santé animale

Prévention et gestion des maladies animales

Nutrition animale adéquate

Diversité génétique des troupeaux

4 Santé humaine

Prévention et gestion des maladies humaines (hygiène, éducation)

Sécurité alimentaire et nutritionnelle

Diversité sociale



© A. Calais

Conclusion

Élisabeth Claverie de Saint Martin, présidente-directrice générale* du Cirad

« Les épidémies qui nous frappent nous poussent à repenser nos modes de production agricole et de consommation alimentaire »

« Face aux crises épidémiques qui frappent l'humanité et le monde animal, nous savons que les conséquences sont graves pour tous les pays : il y a des morts, il y a des pertes d'emplois et de disparitions d'entreprises, il y a une aggravation des inégalités sociales. Ces épidémies doivent nous faire réfléchir à notre rapport au monde vivant et aux moyens de bâtir des systèmes de santé plus résilients, capables d'anticiper les prochaines crises en gérant mieux et solidement les risques d'émergences épidémiques. C'est le sens de la toute nouvelle initiative PREZODE qui vise à construire les cadres d'action et les outils qui améliorent la prévention en détectant au plus tôt les émergences de maladies, mais aussi à les éviter en gérant mieux la biodiversité aux interfaces entre les milieux naturels et les sociétés humaines. Cette initiative vient concrétiser l'engagement du Cirad, d'INRAE et de l'IRD à développer, dans ces domaines, des collaborations à l'international, en particulier avec les pays les moins avancés. PREZODE est guidée par l'approche « One Health » / « Une seule Santé ».

Nous constatons en effet que la santé des écosystèmes, des animaux et des êtres humains sont imbriquées, et l'agriculture et l'alimentation sont au cœur de leurs interactions. Notre santé est impactée par ce que nous mangeons, elle dépend de celle de l'environnement et de la gestion durable de la biodiversité grâce à des systèmes agricoles et alimentaires adaptés. Production, alimentation, santé et biodiversité sont en connexion permanente et chaque composante doit être pensé dans ses interrelations avec les autres.

Face à l'enjeu pressant de nourrir une population croissante en 2050, nous pourrions croire cependant qu'il est impossible de changer de modèle de production intensive. Mais le Cirad et INRAE ont montré en 2018 au cours d'une prospective sur l'usage des terres (Agrimonde-Terra) qu'un scénario « Healthy » / « Sain » était possible. Pour l'atteindre, des actions concertées entre de nombreux acteurs, engagés dans la transition écologique des agricultures, avec en particulier une coopération accrue entre producteurs et entreprises agroalimentaires, société civile et gouvernements, sont nécessaires. Dans une tribune au Monde, le PDG d'Inrae et moi-même appelions ainsi à la mise en place :

- De politiques alimentaires et de santé pour consommer davantage de fruits, de légumes, de légumineuses, une plus grande

diversité de céréales, et moins d'huiles, de sucres et de produits animaux (avec des variations selon les régions du monde).

- De politiques agricoles, environnementales et climatiques incitant le développement des pratiques agro-écologiques qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre et la dégradation des milieux.
- De politiques de développement et d'aménagement favorables à l'intensification des relations entre les zones rurales et urbaines et qui favorisent l'emploi en milieu rural.

« Il s'agit d'assurer la transition agroécologique de nos modes de production agricole, mais aussi de transformer nos systèmes alimentaires. »

Il s'agit de changer nos modes de production agricoles et d'assurer leur transition agroécologique, mais aussi de transformer nos systèmes alimentaires. Les systèmes alimentaires tels qu'ils existent sont encore loin d'assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations, avec encore de très grandes disparités en termes d'accès alors que l'offre calorique est globalement suffisante ; ils sont responsables d'une forte empreinte environnementale et climatique ; leur fonctionnement favorise certains acteurs plus que d'autres. Le Cirad milite pour une transformation systémique et profonde des systèmes alimentaires.

Il en va de la sécurité alimentaire du monde face à la croissance démographique mais aussi de la sauvegarde de notre environnement tout en luttant contre le changement climatique et en limitant les risques sanitaires. Aujourd'hui nous n'avons plus le choix, il nous faut agir et le faire globalement. Le concept d'une seule Santé nous aide à relever ces défis. Le Cirad, avec tous ses partenaires au Nord et au Sud, y travaillent depuis de nombreuses années et il nous faut maintenant changer d'échelle. »

* Élisabeth Claverie de Saint Martin a pris ses fonctions le 16 juin 2021.

Une seule santé

Maladies animales émergentes sous surveillance

Ressources bibliographiques

Ouvrages de synthèse

Les zoonoses : ces maladies qui nous lient aux animaux.
Gwenaél Vourc'h, François Moutou, Serge Morand, Elsa Jourdain,
Ed. Quæ, 2021

One Health, Une Seule Santé. Théorie et pratique des approches
intégrées de la santé. Coord. Jakob Zinsstag, Esther Schelling,
David Waltner-Toews, Maxine A. Whittaker, Marcel Tanner,
Ed. Quæ, 2020

Émergence de maladies infectieuses. Risques et enjeux de
société. Coord. Muriel Figuié, Serge Morand,
Éd. Quæ, 2016

La prochaine peste. Une histoire globale des maladies
infectieuses. S. Morand, Ed. Fayard, 2016

Faune sauvage, biodiversité et santé : quels défis ?
Coord. Serge Morand, François Moutou, Céline Richomme,
Ed. Quæ, 2014

Notre santé et la biodiversité. Tous ensemble pour préserver
le vivant. Gilles Pipien, Serge Morand, Ed. Buchet Chastel, 2013

Les maladies émergentes. Epidémiologie chez le végétal,
l'animal et l'homme.
Jacques Barnouin, Ivan Sache, Éd. Quæ, 2010

Dossiers de synthèse

[Santé globale - Homme, animal, plantes, environnement :
pour des approches intégrées de la santé,](#)

Les dossiers d'Agropolis International, N°25, Décembre 2019,
52 pages

Perspective, le policy brief du Cirad

[Tous les numéros sur le thème « maladies émergentes,
santé et environnement »](#)

Livrets pédagogiques

[Tous les livrets pédagogiques de l'unité de recherche ASTRE :
peste des petits ruminants, fièvre aphteuse, grippe aviaire...](#)

Agritrop, l'archive ouverte des publications du Cirad

[D'autres ressources à retrouver gratuitement sur Agritrop, le site
d'archive ouverte du Cirad](#)