



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Evolution de la lutte anti-vectorielle en santé animale

Rapport n° 24034

établi par

Olivier LAPÔTRE

Inspecteur général

Philippe STEINMETZ

Inspecteur général

Décembre 2024

CGAAER

CONSEIL GÉNÉRAL

DE L'ALIMENTATION

DE L'AGRICULTURE

ET DES ESPACES RURAUX

Le présent rapport est un rapport du Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER) régi par les dispositions du décret n° 2022-335 du 9 mars 2022 relatif aux services d'inspection générale ou de contrôle et aux emplois au sein de ces services. Il exprime l'opinion des membres du CGAAER qui l'ont rédigé en toute indépendance et impartialité comme l'exigent les règles de déontologie qui leur sont applicables en application de l'article 17 du décret sus cité. Il ne présage pas des suites qui lui seront données par le Ministère de l'Agriculture, de la Souveraineté alimentaire et de la Forêt.

SOMMAIRE

RESUME.....	5
LISTE DES RECOMMANDATIONS.....	7
1. CONTEXTE, METHODOLOGIE ET DEFINITIONS.....	8
1.1. Contexte de la mission	8
1.2. Méthodologie	8
1.3. Définitions	9
1.3.1. Les populations de vecteurs d'intérêt : la relation vecteur – pathogène ou compatibilité vectorielle	9
1.3.2. Transmission d'arboviroses dont des zoonoses : la relation vecteur – hôte ou capacité vectorielle.....	10
2. LES DIFFERENTS TYPES DE LAV	11
2.1. La lutte environnementale.....	11
2.2. La lutte mécanique	12
2.3. La lutte chimique.....	12
2.4. La lutte biologique.....	15
2.5. Technique de l'insecte incompatible - TII.....	16
2.6. La lutte génétique par ionisation	16
2.6.1. Technique de l'insecte stérile - TIS	16
2.6.2. Technique de l'insecte stérile renforcée	18
2.7. Le forçage génétique (gene drive)	18
2.8. La lutte vaccinale anti-tiques.....	19
2.9. Tableau récapitulatif	20
3. EVOLUTIONS DE LA RECHERCHE	21
3.1. Nécessité de pouvoir disposer de plus de connaissances scientifiques et techniques en matière de LAV	21
3.2. Structuration de l'appui scientifique et technique en matière de LAV.....	22
3.2.1. Le Centre National d'Expertise sur les Vecteurs (CNEV) et le risque vectoriel.....	22
3.2.2. GT vecteurs de l'ANSES	23
3.2.3. Le Vectopôle Sud	23
3.2.4. Perspectives.....	25
3.3. Evolution de la surveillance entomologique	26
3.3.1. Les réseaux de capture de vecteurs	26
3.3.2. Surveillance citoyenne.....	27
3.3.3. Xénosurveillance moléculaire	28
3.4. Construction de modèles de prédiction.....	28
4. PARANGONNAGE INTER-SANTES	29

4.1. Populations humaines : santé publique et nuisances aux habitants	29
4.2. Santé et protection des végétaux	32
4.3. Santé animale : des évolutions à envisager	33
4.4. Point particulier sur les Culicoïdes et la prévention de leurs arboviroses	34
CONCLUSION	36
ANNEXES	38
Annexe 1 : Lettre de mission	39
Annexe 2 : Liste des personnes consultées	41
Annexe 3 : Liste des sigles utilisés	46
Annexe 4 : Liste des textes de références	48
Annexe 5 : Bibliographie	49

RESUME

La recrudescence chez les ruminants de la fièvre catarrhale (sérotypé 8) et l'apparition puis l'explosion du sérotypé 3 et de la maladie hémorragique épizootique en 2023 et 2024, toutes deux dues à des orbivirus transmis par des moucheron de la famille des Culicoïdes, ont provoqué une nouvelle crise sanitaire liée à une arbovirose dans les élevages. D'autres maladies vectorielles : fièvre catarrhale de sérotypé 12 (arrivée en Europe comme les sérotypes 3 et 8, via les Pays-Bas), fièvre du Nil occidental et fièvre hémorragique Crimée-Congo (zoonotiques) menacent les cheptels français continentaux qui, jusqu'en 2006, n'avaient connu aucune épizootie vectorielle. Depuis, en sus des périodes enzootiques, ces maladies sont responsables de trois crises sanitaires graves.

La mission a dressé un état des lieux de la lutte contre les insectes et acariens vecteurs, ainsi que de ses perspectives d'évolution. Si leurs sensibilités aux insecticides classiques restent globalement bonnes, la nécessité de réitérer des traitements, en contradiction avec la limitation de leur impact environnemental et le nombre réduit de substances autorisées, implique de viser une lutte intégrée qui associe d'autres méthodes.

Aux luttes environnementales ciblant les gîtes larvaires et mécaniques (piégeage, confinement etc.), déjà utilisées contre certains vecteurs, s'ajoutent notamment des techniques de lutte biologique, d'incompatibilité cytoplasmique, de stérilisation par ionisation voire de sélection par CRISPR/Cas9¹ ou recourant à des produits de biocontrôle et, pour certaines tiques, de vaccination. Toutefois, pour les Culicoïdes, aucune évolution des méthodes employées ne semble envisageable à moyen terme.

Pour tous les vecteurs potentiels, des connaissances scientifiques supplémentaires sont nécessaires pour améliorer ces différentes méthodes. Qu'il s'agisse de santé humaine, animale ou des végétaux, les problématiques scientifiques, techniques et juridiques, sont proches. Il convient également de protéger la biodiversité (santé environnementale). À cette fin, une coordination de l'appui scientifique et de la diffusion des connaissances, placée sous l'égide des quatre ministères concernés, serait utile, de même pour l'encadrement de nouvelles méthodes de lutte. L'arrivée de ces maladies vectorielles animales en Allemagne et dans plusieurs pays d'Europe centrale et orientale nécessiterait aussi une réflexion européenne sur ces recherches.

Il semble également nécessaire que le Ministère de l'Agriculture, de la Souveraineté alimentaire (MASA) confie un mandat sur ce sujet de santé animale, prenant en compte les Outre-mer, à des structures de recherche. En effet, les mandats actuels concernent exclusivement les agents pathogènes et non leurs vecteurs. Les crédits de recherche sur les maladies vectorielles sont essentiellement orientés sur les maladies humaines, toutefois il est à noter que dans le cadre du Plan d'action stratégique pour l'Anticipation du potentiel Retrait européen des Substances Actives et le Développement de techniques Alternatives pour la protection des cultures (PARSADA) des crédits notables sont consacrés sur plusieurs années à la lutte contre les insectes. Un tel engagement sera utile pour ce sujet de santé animale.

¹ *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* = Courtes répétitions palindromiques groupées et régulièrement espacées ;
CRISPR associated protein 9 (Cas9) = protéine d'origine bactérienne aux propriétés antivirales utilisée comme outil d'ingénierie du génome pour produire des ruptures du double brin d'ADN ciblé

A la surveillance entomologique par réseaux de piégeage pourrait s'ajouter pour certaines espèces, une surveillance citoyenne (tiques...) ainsi que des recherches d'agents pathogènes directement dans les vecteurs et une modélisation pour renforcer les bases scientifiques de la stratégie de lutte. Cette surveillance doit permettre de détecter rapidement la circulation d'une nouvelle souche dans l'UE et d'agir en conséquence.

La lutte anti-vectorielle, les mesures de biosécurité (peu utilisables pour les ruminants comme pour lutter contre les Culicoides) et les restrictions de mouvement d'animaux sont les seuls moyens pour lutter contre la diffusion de ces maladies vectorielles jusqu'à la réalisation d'une vaccination efficace, ce qui nécessite de disposer d'un vaccin et de vacciner (souvent deux injections) un pourcentage élevé d'animaux sensibles.

Mots clés : vecteurs, zoonoses, arboviroses, maladies vectorielles, recherche, épidémiosurveillance, lutte, contrôle.

LISTE DES RECOMMANDATIONS

- R1.** Tenter d'obtenir un programme de recherche élaboré de préférence au niveau européen destiné à produire des connaissances sur tous les éléments constitutifs des systèmes vectoriels. Ce programme a pour but de définir une stratégie de lutte basée sur la science.
- R2.** Confier un (ou des) mandat(s) national(aux) de lutte contre les vecteurs en santé animale voire végétale, sur le modèle CNR BEA à des structures de recherche. Travailler en interministériel à la création d'une instance de coordination nationale de la LAV, dans une démarche « Une Seule Santé », composée d'un premier cercle opérationnel d'acteurs publics et d'un second cercle d'expertises associées.
- R3.** Adosser les stratégies de lutte sur la surveillance et la veille. Élaborer des modèles prédictifs plus performants intégrant un maximum de paramètres.
- R4.** A l'instar de la protection des végétaux, sécuriser un financement pérenne de la recherche et du déploiement d'alternatives aux biocides, en santé animale, au niveau français ou de préférence européen.
- R5.** Préciser, quand nécessaire, le cadre réglementaire entourant les nouvelles méthodes de lutte biologique, de TII et de TIS par ionisation, voire d'autres après une validation scientifique.
- R6.** Mettre en œuvre une surveillance et une lutte plus rigoureuses pour restreindre le plus possible la propagation d'une arbovirose animale jusqu'à l'immunisation vaccinale efficace des cheptels contre les maladies transmises par les Culicoïdes.
- .

1. CONTEXTE, METHODOLOGIE ET DEFINITIONS

1.1. Contexte de la mission

Le Ministre de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (MASA) a confié au Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux (CGAAER) par un courrier du 26 février 2024 une mission sur l'évolution de la lutte anti-vectorielle (LAV) en santé animale (Lettre de mission en annexe).

Olivier LAPÔTRE et Philippe STEINMETZ ont été désignés par le Vice-Président du CGAAER (lettre YH/FM – CGAAER n°24034 / S3 du 8 mars 2024) pour conduire cette mission qui s'inscrit dans un contexte d'émergence et de réémergence des maladies à transmission vectorielle.

Après la détection d'un premier foyer dans les Pyrénées-Orientales début septembre 2023, la Maladie Hémorragique Epizootique (MHE) a connu, en 2023, une rapide extension dans le sud-ouest de la France et le long de la côte Atlantique jusqu'en Bretagne (24 départements atteints), une nouvelle extension a lieu depuis l'été. Ayant à plusieurs reprises sévi depuis 20 ans, la Fièvre Catarrhale Ovine (FCO), en cet été 2024, impacte fortement les élevages de ruminants. Une épizootie due au sérotype 8 apparue en 2023 dans l'Aveyron s'était alors propagée dans le Sud-Ouest, elle explose cette année. Elle se conjugue à une nouvelle épizootie due au sérotype 3 à partir de la Belgique, premier cas début août et atteignant au 1er décembre, à l'ouest les départements de la Mayenne et du Maine et Loire. Au sud, des foyers ont été détectés en Gironde, Tarn-et-Garonne, Lozère, Ardèche et Corse. Ces arboviroses dont les agents pathogènes appartiennent au genre des orbivirus, génèrent des mortalités et une symptomatologie impliquant des soins et des baisses de production, les exportations sont également fortement pénalisées.

Dans ce contexte, lié notamment au changement climatique et à la globalisation des échanges, le MASA, gestionnaire du risque sanitaire doit pouvoir s'appuyer sur des méthodes de lutte anti-vectorielle éprouvées et efficaces (à l'origine de la présente mission) visant notamment à :

- Expertiser les méthodes de LAV existantes ou en développement et leur place aux côtés des mesures de biosécurité et des vaccins pour le contrôle des maladies chez l'animal et l'homme s'agissant des zoonoses ;
- Analyser le rôle des différents acteurs selon les contextes pour protéger les élevages et les populations dans le cas de zoonoses, contre la transmission de certaines maladies fortement invalidantes voire mortelles.

La faune sauvage ne sera pas abordée sous son angle de vectrice de pathogènes (les vecteurs considérés pour cette mission sont des invertébrés), mais plutôt de réservoir voire d'amplificateur d'épizooties.

Ce sujet LAV va au-delà de la seule santé animale et s'inscrit pleinement dans l'approche « Une Seule Santé », notamment pour les méthodes et les impacts des actions de lutte, les mêmes méthodes de LAV pouvant être employées pour prévenir des maladies humaines ou végétales.

1.2. Méthodologie

La mission s'est appuyée sur une revue documentaire des développements sur les 15 dernières années correspondant à la période qui a suivi la publication par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), dans sa collection Expertise collégiale, en réponse à une demande conjointe du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du

Territoire, du ministère de l'Intérieur, de l'Outre-mer et des Collectivités territoriales, du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, et du ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative, d'une revue de la lutte anti-vectorielle pour le contrôle des maladies en France.

Durant cette période, le Centre National d'Expertise sur les Vecteurs - CNEV dont la création était une des recommandations de la revue de l'IRD, puis l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) ont produit nombre de documents sur la LAV.

La bibliographie considérée est présentée en annexe 5.

Des entretiens ont été conduits avec des acteurs clefs faisant référence dans leur domaine d'expertise en France. En parallèle, une consultation dans des pays à la situation épidémiologique proche de celle de la France (Italie, Espagne et Portugal) a été engagée, largement complétée par la capitalisation de l'expérience en matière de LAV enregistrée dans les Outre-mer (Réunion, Martinique, Guadeloupe, Guyane et Polynésie française) afin de produire une vision globale de l'état de l'art sur le sujet de la LAV. En sus de ce parangonnage géographique, un second a été conduit avec les luttes menées en santé humaine et des végétaux. La liste des personnes rencontrées figure en annexe 3.

1.3. Définitions

Dans son acception la plus large, la lutte anti-vectorielle comprend la lutte et la protection contre les arthropodes hématophages, vecteurs d'agents pathogènes pour l'homme et les vertébrés, ainsi que leur surveillance. Elle s'appuie sur des méthodes qui diffèrent selon les systèmes vectoriels et selon les contextes épidémiologiques et socio-économiques. L'objectif de la LAV est de contribuer, au côté d'autres actions de santé publique comme la vaccination et les mesures de biosécurité dans les élevages, à minimiser les risques d'endémisation ou d'épidémisation, à diminuer la transmission d'agents pathogènes par des vecteurs, à gérer les épidémies de maladies à vecteurs, le tout dans un cadre stratégique et réglementaire formalisé.

1.3.1. Les populations de vecteurs d'intérêt : la relation vecteur – pathogène ou compatibilité vectorielle

Dans le domaine de l'entomologie médicale, un vecteur est un arthropode hématophage, qui peut assurer la transmission biologique ou mécanique active d'un agent infectieux (virus, bactérie, parasite) d'un vertébré à un autre vertébré. Les arthropodes vecteurs d'importance en santé animale se rangent dans les classes des insectes et des acariens :

Classe	Ordre	Famille	Genre	Épizooties dont zoonoses*
Insectes	Diptères	Cératopogonidae	Culicoïdes	Fièvre Catarrhale Ovine (FCO), Maladie Hémorragique Enzootique (MHE), Peste équine, Oropouche
		Culicinae	Aedes	Dengue*
			Culex	West Nile Fever* Usutu*
		Muscinae	Stomoxes	Charbon, Anémie Infectieuse Equine (AIE), Fièvre de la Vallée du Rift (FVR)*,
			Glossines	Trypanosomose*
		Calliphoridae	Cochliomyia	Myiase à Cochliomyia hominivorax*
		Tabanoidea	Tabanides	AIE
		Psychodidae	Phlebotome	Leishmaniose*
		Simulidae	Simulie	Myxomatose, Onchocercose*
	Hémiptères	Rudiviidae	Triatome	Chagas*
Acariens	Ixodida	Ixodidae	Ixodes	Bartonellose*, Babésioses*
			Rhipicephalus	Borreliose* Ehrlichiose*
			Hyalomma	Fièvre Hémorragique Crimée Congo (FHCC)*
			Amblyoma	Rickettsiose
		Argasidae	Ornithodore	Fièvre Q, Peste Porcine Africaine (PPA)

La compatibilité ou compétence vectorielle se définit comme la possibilité pour un agent pathogène de survivre et se développer chez le vecteur chez lequel il gagnera l'endroit propice à la transmission. La période nécessaire entre l'acquisition de l'agent pathogène par le vecteur et le moment où ce dernier est capable d'en assurer la transmission est appelé période d'incubation extrinsèque.

1.3.2. Transmission d'arboviroses dont des zoonoses : la relation vecteur – hôte ou capacité vectorielle

La transmission d'un pathogène depuis un vertébré infecté vers un hôte par un vecteur dépend de nombreux paramètres pour être effective. Cette effectivité pour le vecteur de transmettre le pathogène s'apprécie en mesurant sa capacité vectorielle définie par la formule

$$\text{Capacité vectorielle} = (da^2bp^n)/-\ln(p)$$

- d représente la densité de vecteurs par hôte,
- a le taux de piqure,
- b la compétence vectorielle,
- p la probabilité de survie journalière du vecteur infecté
- n la période d'incubation extrinsèque en jours
- ln log népérien

Cette formule montre la complexité du sujet ; la capacité vectorielle est en conséquence la résultante de la compétence vectorielle et de la bio-écologie du vecteur (abondance, longévité, préférences trophiques, etc.) sur lesquelles s'exerce l'action des facteurs environnementaux. Tous ces paramètres varient en fonction du système vectoriel considéré, c'est-à-dire des populations d'agents pathogènes, des populations de vecteurs et des populations d'hôtes vertébrés qui interagissent dans un environnement spécifique ; ils ne sont pas toujours connus, ni facilement estimés. Pourtant, les stratégies de lutte devraient pouvoir coller au mieux à chaque système vectoriel visé dans des contextes épidémiologiques et socio-économiques variables. Il est donc nécessaire de pouvoir disposer de telles données de pilotage issues de la recherche scientifique.

A titre d'illustration de la formule suscitée, les recherches menées par l'Institut des Sciences de l'Evolution Montpellier – INSEM - sur l'intérêt des coinfections virus de la dengue et des Denguevirus (DV - cf. 2.4.) pour diminuer la capacité vectorielle du moustique *Aedes albopictus* ont permis de confirmer l'action des DV en réduisant la densité des vecteurs autour de l'hôte cible (d) ainsi qu'en diminuant la probabilité de survie du vecteur aux stades aquatiques (p) ; aucun effet n'a été relevé sur le taux de piquûre/comportement du moustique adulte (a) ni sur la période d'incubation extrinsèque (n) ou la compétence vectorielle (b). Les mêmes travaux conduits sur la co-infection DV-Chikungunya ont identifié une baisse de la compétence vectorielle (b).

2. LES DIFFERENTS TYPES DE LAV

La LAV est partie intégrante du dispositif global de lutte contre les maladies vectorielles qui, lui, repose grandement sur la vaccination.

La LAV inclut notamment la lutte insecticide et la lutte biologique à l'aide de prédateurs ou d'agents pathogènes de vecteurs et l'action sur leur environnement. Dans le cas de zoonoses, la lutte repose aussi sur des actions de protection individuelle, d'éducation sanitaire et de mobilisation sociale des hôtes. De même, pour les épizooties l'information et la mobilisation des éleveurs, indispensables, ne sont pas développées dans ce rapport bien qu'essentielles à la réussite de tout programme de LAV.

Les méthodes alternatives de LAV connaissent un regain d'investissements en raison de la réduction drastique du nombre de molécules autorisées, pour des raisons de résistance, mais surtout d'impact sur la santé publique et sur celle de l'environnement. L'intérêt pour ces méthodes alternatives est également lié aux délais d'obtention, d'autorisation de mise sur le marché, de production et de diffusion de vaccins.

2.1. La lutte environnementale

La lutte environnementale regroupe les actions menées pour rendre l'environnement hostile au développement des populations de vecteurs ; cela suppose une bonne connaissance de leur cycle biologique : préférence trophique, périodes d'activités, gîtes larvaires...

Un des moyens de lutte anti-vectorielle, le plus pérenne, est l'élimination physique des gîtes larvaires du vecteur ciblé ; ceci suppose que les gîtes larvaires potentiels ne soient pas trop nombreux (d'où la relative inefficacité de cette méthode sur les Culicoïdes). Il peut s'agir d'actions d'élimination des points d'eau stagnante, voire de drainage, de modifications topographiques, de régularisation des berges des fleuves, d'ensoleillement des gîtes ombragés ou d'élimination des gîtes anthropiques. L'efficacité de ces actions suppose une fine connaissance du cycle biologique du vecteur.

2.2. La lutte mécanique

Sont regroupées dans cette rubrique les techniques destinées à capturer les vecteurs et celles qui s'opposent au contact hôte/vecteur. La première méthode qui vient à l'esprit pour diminuer, voire éliminer, les populations de vecteurs, est de capturer le plus grand nombre d'individus pour les détruire. Une grande variété de méthodes est utilisable, depuis le simple « détiqage » des animaux, jusqu'à des pièges élaborés pouvant employer un attractant olfactif. C'est sans conteste pour la capture des glossines que les pièges ont été le plus travaillés. Des pièges spécifiques et très attractifs, mis au point dans les années 1970, peuvent être utilisés avec efficacité pour diminuer fortement l'abondance des glossines. Toutefois, les glossines présentent des taux de reproduction extrêmement faibles (au maximum 9 descendants au cours de la vie d'une femelle), et ce type de lutte est illusoire contre des vecteurs plus prolifiques comme les Culicoïdes ou les Stomoxes sous nos latitudes.

Le principe de base du piégeage consiste à intercepter les insectes à la recherche d'un hôte, en les attirant à l'intérieur de pièges, soit pour les conserver à l'aide d'un système de capture, soit pour les tuer au moyen d'un insecticide ou les contaminer avec un produit chimio stérilisant dont on imprègne le piège. Le piégeage représente depuis quelques années un outil efficace d'étude, de surveillance, de protection et de lutte écologique contre les vecteurs.

Dans les zones d'élevage, où les taons représentent un réel problème, on peut être amené à faire pâturer les animaux la nuit, plutôt que pendant les heures d'activité de ces insectes. En Guyane, le boucanage peut être considéré comme un répulsif, la fumée écartant les taons des troupeaux. Les méthodes de lutte ne sont pas nécessairement extrapolables d'une situation à une autre, en particulier dans le cas des répulsifs naturels : par exemple, en Afrique de l'Ouest, les tabanidés vecteurs de la loase humaine sont au contraire attirés par les feux de brousse.

Aux côtés des pièges à vecteurs dont on reparlera dans la partie surveillance (cf. 3.3.1.), l'emploi d'écrans type moustiquaire est rapporté en médecine vétérinaire afin d'établir une barrière physique entre l'hôte et le vecteur. La stabulation des animaux à l'intérieur des bâtiments pendant la période d'activité du vecteur peut être une méthode efficace pour lutter contre un vecteur fortement exophage (c'est-à-dire ne pénétrant pas dans les bâtiments pour piquer). Ainsi, confiner les animaux permet de les protéger contre les piqûres d'insectes vecteurs nocturnes ou exophages. L'emploi de couverture imprégnée d'insecticide est également préconisé chez les chevaux. Pour les reproducteurs, notamment de ruminants à haute valeur génétique en centre d'insémination, leur maintien en bâtiments fermés à ouvertures munies de moustiquaires à très faible maille peut s'avérer judicieux dans la lutte contre les vecteurs Culicoïdes des virus MHE ou FCO en l'attente de vaccins adéquats.

2.3. La lutte chimique

Cette méthode qui s'appuie sur l'utilisation de produits chimiques d'origine végétale ou de synthèse : insecticides, répulsifs ou attractifs des insectes vecteurs, est historiquement la plus utilisée et géographiquement la plus répandue.

Dans le cadre de lutte chimique classique, les insecticides regroupent différentes molécules aux propriétés et modes d'action très variés (organochlorés, organophosphorés, carbamates, ou pyréthrinoides). Les qualités recherchées pour un insecticide sont une toxicité importante pour le vecteur visé, une action rapide, une rémanence importante, une toxicité aussi faible que possible pour l'homme ou les animaux domestiques, la faune non cible et les végétaux, un emploi facile, une

stabilité importante et un faible prix de revient. Ils sont largement utilisés dans les programmes de lutte anti-vectorielle, malgré la possible apparition de résistances, et les conséquences potentielles sur l'environnement, en particulier sur la faune non cible.

Généralement, par l'utilisation des insecticides, on cherche à diminuer l'abondance des vecteurs, en ciblant les phases larvaires ou adultes :

- L'avantage de cibler les stades immatures est que ces derniers représentent souvent une phase de concentration des populations dans l'espace. Lorsque les gîtes de ponte sont bien connus, il est possible d'atteindre en traitant des zones restreintes une part importante des populations de vecteurs, avant qu'ils ne présentent un risque de transmission ;
- La lutte insecticide contre les stades adultes est souvent réservée à des situations épidémiques, où le but des traitements est de diminuer les densités de vecteurs pour briser le cycle de transmission.

L'avis de l'ANSES (Saisine n° 2015-SA-0169) rendu en 2016 sur l'actualisation de la liste des 32 substances chimiques insecticides identifiées en 2012 (saisine n°2012-SA-0038) conduit à retenir 11 substances actives dont 9 chimiques, approuvées ou en cours d'évaluation selon la réglementation biocide, présentant des potentialités importantes :

- pour les usages larvicides : les bactéries (*Bacillus thuringiensis israelensis* – Bti - et *Bacillus subtilis* - Bs cf. 2.1.) et), le pyriproxyfène, le diflubenzuron, le spinosad, la cyromazine, l'imidaclopride ;
- pour les usages adulticides : la deltaméthrine, le bendiocarbe, l'indoxacarbe, le dinotéfurane, l'imidaclopride.

Le pyriproxyfène est une molécule de la famille chimique des dérivés de pyridines et des « inhibiteurs de croissance » (c'est une « hormone juvénile factice »). Il est très utilisé contre les moustiques agissant comme un analogue de l'hormone juvénile, bloquant la larve dans son développement. Cette molécule a obtenu une autorisation de mise sur le marché (AMM) au niveau européen valable jusqu'à fin 2025.

La deltaméthrine est un composé chimique de la famille des pyréthrinoïdes. Utilisée principalement comme insecticide et répulsif pour les insectes en raison de ses propriétés neurotoxiques, elle est en santé humaine la seule molécule utilisée en France par les services de lutte anti-vectorielle autour des cas importés ou autochtones d'arboviroses pour limiter les risques de propagation et d'épidémie. En santé animale, cette molécule est active contre les Culicoïdes et utilisée pour la désinsectisation individuelle des animaux et des moyens de transport.

Les autres substances peuvent se retrouver dans des préparations commerciales à usage domestique sans que l'on puisse en mesurer les impacts sur l'environnement et la santé publique.

L'épandage aérien d'insecticides dans l'environnement sur les cultures, est fortement restreint, notamment par la réglementation européenne et française (interdiction sauf dérogations exceptionnelles, en vigueur depuis 2015). Dans le domaine vétérinaire, les insecticides peuvent être appliqués directement sur les animaux (*pour-on*², baignade, pulvérisation, boucles auriculaires, pédiluves, colliers). Ces applications peuvent permettre une réduction de l'abondance de vecteurs à faible capacité de reproduction. L'utilisation de *pour-on* d'insecticides peut être efficace dans la

² formulations pour traitement par application externe.

lutte contre les tiques, en particulier contre celles monotropes (hôte identique pour tous les stades de développement).

Les endectocides sont des antiparasitaires ayant des propriétés insecticides, qui se retrouvent dans le sang circulant des animaux traités. Ils n'ont aucun effet protecteur (n'empêchent pas les vecteurs infectés de piquer l'animal traité), mais, s'ils entraînent une mortalité importante des vecteurs gorgés, ils pourraient diminuer la transmission (en diminuant la longévité des vecteurs), ou permettre le contrôle des populations (d'autant plus efficace que le vecteur présente des préférences trophiques strictes). Les résultats de l'effet de ces molécules sur les *Culicoïdes* semblent contradictoires. La mortalité de femelles *Culicoïdes brevitarsis* (vecteur du virus de la FCO en Australie) est de 99 % après gorgement sur un animal traité à l'ivermectine un jour auparavant – ce taux est maintenu supérieur à 40 % pendant 18 jours, alors qu'aucune mortalité n'est observée chez *Culicoïdes sonorensis* (vecteur du virus de la FCO aux États-Unis). Ces produits n'ont jamais été employés dans le cadre d'une lutte anti-vectorielle. De plus, ils ont des conséquences néfastes graves pour la faune coprophage³ non cible.

A côté de la lutte chimique classique, l'utilisation en agriculture biologique et parmi les produits de biocontrôle, de médiateurs comme les phéromones est effective depuis une cinquantaine d'années pour la santé des végétaux (viticulture et arboriculture). La piste des composés organiques volatiles (COV), est plus récente et fait aussi l'objet de recherches actives. Ces substances à effet répulsif ou attractif qui doivent faire l'objet d'une AMM nécessitant des études toxicologiques et environnementales sont parfois associées à d'autres méthodes de lutte comme le piégeage.

Compléments lutte chimique pour FCO MHE ou pour Culicoïdes

La lutte chimique anti-larvaire afin de réduire le nombre d'adultes émergents paraît inapplicable car les habitats larvaires sont très nombreux et variés. La lutte chimique collective anti-adulte a pour but de limiter voire supprimer le nombre de femelles en recherche d'hôtes et de réduire le contact hôte-vecteur dans une zone géographique donnée. Elle impliquerait des épandages d'insecticides sur des grandes superficies à l'instar des campagnes de démoustication effectuées pour lutter contre la dengue ou le paludisme. Pour des considérations environnementales, économiques et de santé publique, elle ne semble pas actuellement justifiée contre les *Culicoïdes* et n'est donc pas employée.

La lutte chimique individuelle anti-adulte (traitement animal par animal) peut être menée à l'échelle d'un troupeau. En l'absence de produit disposant d'une AMM spécifique pour les *Culicoïdes*, le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), la Fédération nationale des groupements de défense sanitaire (GDS France) et la Société nationale des groupements techniques vétérinaires (SNGTV) ont établi une liste de produits insecticides bénéficiant d'une AMM permettant leur emploi sur des ruminants. Ceux-ci ont été testés en laboratoire et in situ : ces essais ont conclu que les *Culicoïdes* étaient sensibles aux molécules insecticides notamment aux pyréthrinoïdes et ce sans signal de résistance.

Néanmoins, les tests in situ concluent toutefois à une mauvaise diffusion du pour-on dans les parties déclives de l'animal qui correspondent aux lieux de prédilection pour les piqures par les *Culicoïdes*.

³ Insectes se nourrissant de déjections animales disséminées sur les pâtures comme les coléoptères ; En 1987, un article paru dans *Nature* a marqué le début d'une controverse relative aux effets toxiques potentiels des avermectines en général et de l'ivermectine en particulier, sur les coléoptères coprophages qui a duré plus d'une décennie. Depuis quelques années, différentes études se sont intéressées aux effets des pyréthrinoïdes sur les coléoptères coprophages.

Ces organismes estiment que les durées réelles d'action sont inférieures à celles mentionnées dans le Résumé des Caractéristiques du Produit (RCP) : les produits seraient actifs contre les Culicoïdes pendant seulement 7 à 10 jours (maximum de mortalité à 4 jours). Toutefois, c'est à ce jour et probablement pour les 5 à 10 ans à venir, la seule méthode permettant une réduction des populations de Culicoïdes.

2.4. La lutte biologique

La lutte biologique consiste à utiliser un « ennemi naturel » du vecteur cible pour en diminuer le nombre et ainsi réduire les risques de transmission de l'agent pathogène. Ces « ennemis » peuvent être des poissons, des amphibiens, des insectes prédateurs et des parasites ou des agents entomopathogènes. De telles méthodes sont employées pour protéger les végétaux.

Certains parasitoïdes (arthropodes parasites d'autres arthropodes) peuvent être utilisés comme agents de lutte biologique. Ainsi, la guêpe *Spalangia nigroaenea* pond ses œufs dans la pupa de diptères, que ses larves parasitent. Cette guêpe est utilisée sur l'île de la Réunion comme un des moyens de lutte contre les Stomoxes.

De nombreux travaux encore non conclusifs concernent certains nématodes parasites (*Ramanomermis cuilcivorax*) des bactéries (*Wolbachia sp.*) ou des virus entomopathogènes (*Densovirus sp.*), mais leur utilisation en opérationnel ne commence seulement qu'à se déployer. L'emploi de *Wolbachia* en association ou non avec d'autres modalités est développé plus loin. Les microsporidies ne présentent en revanche pas de réel intérêt. Quant aux champignons, plusieurs espèces font figure de candidats potentiels pour la lutte contre les moustiques ou les tiques. Néanmoins, souvent, s'instaurent des processus de régulations naturelles entre proies et prédateurs et l'efficacité de telles méthodes diminue.

Des bactéries entomopathogènes qui possèdent un pouvoir biocide si élevé que leur action peut être assimilée à celle d'un insecticide sont utilisées depuis plusieurs années.

- La toxine d'une bactérie *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) est actuellement largement utilisée comme larvicide dans la démoustication du littoral méditerranéen français, en remplacement des insecticides chimiques, dont l'utilisation est de plus en plus réglementée. La toxine *Bacillus sphaericus* présente des propriétés intéressantes au stade expérimental.
- Le Spinosad est un produit fermenté dérivé du mélange de deux toxines (spinosyne A et D) sécrétées par une bactérie présente naturellement dans le sol, *Saccharopolyspora spinosa*. Le Spinosad agit comme une neurotoxine ciblant les récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine chez les formes immatures comme adultes. L'utilisation de ce produit contre les diptères est répandue dans les cultures

Les *Densovirus* réduisent la densité des populations de vecteurs en diminuant la capacité de survie journalière de l'adulte et en augmentant la mortalité au stade aquatique (larves et nymphes). Les *Densovirus* ainsi disséminés pourront cependant persister dans l'environnement et se transmettre horizontalement donc gagner des gîtes larvaires avec un impact sur les espèces non-cibles et peu ou pas spécifiques (*Aedes*, *Culex*...).

A côté des mesures de biosécurité dans les élevages ou de mobilisation sociale dans le cas de zoonoses, les applications sur le terrain des autres méthodes de lutte biologique restent encore rares, à cause des faibles connaissances sur l'écologie des agents potentiels de lutte et sur les difficultés rencontrées dans l'évaluation de l'efficacité de ces méthodes. Cette lutte biologique

utilisée depuis longtemps par les agronomes contre les ravageurs des cultures et des forêts s'avère prometteuse en santé animale où elle commence à être utilisée.

2.5. Technique de l'insecte incompatible - TII

L'incompatibilité cytoplasmique (IC) provoque la mort des embryons lors de croisements entre mâles infectés par la bactérie *Wolbachia* et femelles non infectées. Les *Wolbachia* sont des bactéries symbiotiques, intracellulaires à transmission maternelle non cultivables ; il en existe des milliers de souches différentes et on les retrouve chez 50% des espèces d'insectes.

Il est possible de recourir à des contaminations croisées à *Wolbachia* en utilisant des bactéries présentes chez d'autres espèces (*Aedes albopictus* est porteur naturel de *Wolbachia* A & B ; *A. aegypti* est naturellement dépourvu de *Wolbachia* ; certaines *Wolbachia* se retrouvent chez d'autres insectes comme des Drosophiles, *Aedes Albopictus*, *Culex pipiens*) pour induire l'IC voire l'inhibition de la transmission (l'introduction de *Wolbachia* peut provoquer la non infestation par le virus chez le vecteur donc la non transmission lors de piqûres).

A ce jour, cette technologie fait seulement l'objet d'un avis de l'ANSES relativement ancien (2016-SA-0057) rendu dans le cadre de la recherche de solutions alternatives aux produits phytopharmaceutiques à base de néonicotinoïdes. Cet avis concluait alors à une faible efficacité et une faible praticité de la méthode recourant aux microorganismes *Wolbachia* pour perturber la reproduction des vecteurs ; par ailleurs il faisait état d'un risque quasiment nul d'apparition de résistance (durabilité).

De nombreux pays (Italie, Mexique, États-Unis...) sont inscrits dans le World Mosquito Programme qui vise à remplacer des populations de moustiques vecteurs d'arboviroses par des moustiques infectés par la bactérie *Wolbachia*.

En France, dans les outremer, la TII fait l'objet d'essais à plus ou moins grande échelle.

La TII peut être combinée avec la technique de l'insecte stérile (TIS) développée au point suivant ; la stérilité est conférée à la fois par *Wolbachia* et par ionisation, qui est réduite à la dose minimale pour stériliser les moustiques.

A l'occasion de la journée thématique « moustiques-vecteurs » organisée par l'ANSES en avril 2024, une revue des différents emplois de cette technique a été présentée. Si pour les espèces de moustiques qui hébergent naturellement des *Wolbachia*, son efficacité est limitée, elle s'avère particulièrement efficace pour les autres, mais relativement onéreuse en cas de combinaison avec la TIS.

2.6. La lutte génétique par ionisation

2.6.1. Technique de l'insecte stérile - TIS

La technique de l'insecte stérile ou TIS est une méthode de lutte contre les insectes ravageurs qui consiste à élever en masse et à stériliser après sexage par rayonnement un type ciblé de ravageur (le mâle soumis à radiation porte alors de nombreuses mutations aléatoires létales dans ses spermatozoïdes, qui empêcheront les œufs inséminés par ces derniers d'éclore), puis à lâcher systématiquement les mâles stériles par voie aérienne au-dessus de zones définies, où ils s'accouplent avec des femelles sauvages sans engendrer de descendance, ce qui entraîne une diminution de la population de ravageurs.

L'irradiation par ionisation (aux rayons gamma ou aux rayons X) est utilisée pour stériliser les insectes élevés en masse, ce qui les empêche de se reproduire sans toutefois les priver de leur compétitivité sexuelle. La TIS ne met en jeu aucun processus transgénique. La Convention internationale pour la protection des végétaux classe les insectes stériles dans la catégorie des organismes utiles, car :

- Les insectes stériles ne sont pas autoreproducteurs et ne peuvent donc pas s'implanter dans l'environnement ;
- L'interruption du cycle de reproduction des ravageurs, aussi appelée lutte autocide, est par définition spécifique ;
- La TIS n'introduit pas d'espèces exotiques dans un écosystème.

La technique de l'insecte stérile a été élaborée pour la première fois aux États-Unis et est utilisée avec succès depuis plus de 60 ans. Elle est actuellement appliquée sur tous les continents hors Antarctique. Les quatre objectifs stratégiques de l'utilisation de la technique de l'insecte stérile dans le cadre de la gestion intégrée des ravageurs à l'échelle d'une zone sont : la réduction, l'éradication, l'isolement et la prévention.

La TIS est une technique d'autocide spécifique à chaque espèce, qui ne relève pas de la réglementation des OGM. Elle dispose d'un long bilan d'utilisation sûre et à grande échelle contre différents insectes nuisibles depuis les années 1950. Puisque les mutations sont obtenues par exposition aux rayonnements, elles sont aléatoires et différentes dans chaque insecte libéré, ce qui par construction, empêche tout développement possible d'une résistance dans la population cible.

La TIS est un des thèmes principaux abordés par le Centre mixte des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture de Vienne relevant de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). Ce centre réalise, d'une part, des activités de recherche appliquée visant à améliorer la technique et à la mettre au point pour de nouveaux insectes ravageurs et, d'autre part, le transfert de la TIS aux états membres au moyen de projets sur le terrain, afin qu'ils puissent bénéficier de meilleures conditions de santé végétale, animale et humaine, d'environnements plus propres, d'une production végétale et animale accrue dans les systèmes agricoles, et d'un développement économique accéléré. Le centre préconise et accompagne un développement de la technique en 4 phases dont la dernière consiste à l'opérationnalisation sur des vastes zones. La TIS fait partie des méthodes de lutte contre les insectes ravageurs considérées internationalement comme les plus respectueuses de l'environnement.

Associée à d'autres méthodes de lutte destinées à faire baisser la population d'insectes visée, la TIS s'est révélée efficace pour lutter contre plusieurs insectes ravageurs dans le domaine végétal comme animal : les mouches des fruits (mouche méditerranéenne des fruits en Espagne, mouche mexicaine des fruits, mouche orientale des fruits, mouche du melon), les deux espèces de glossines riveraines du bassin de Sidéradougou (Burkina Faso) et à Zanzibar, les larves de la lucilie bouchère, les pyrales (carpocapse des pommes et des poires, ver rose de la capsule du cotonnier, ver rose du cotonnier, pyrale du cactus et orgyie de la pomme australienne). Elle est en cours d'essai dans la lutte contre *Aedes albopictus* en Italie et en France (région Occitanie et la Réunion) après des exemples d'éradication de population d'*Aedes* entre autres à Singapour. En 2024, en plus des usages déjà opérationnels, 39 applications de TIS sont en test, notamment sur les moustiques, dans le monde : une a atteint la phase 4 (déploiement à grande échelle) quand 12 sont en phase 1 (tests

en laboratoire), 22 en phase 2 (développement en milieu confiné) et 4 en phase 3 (tests en milieu naturel contrôlé).

Les avantages de l'utilisation de cette technique comprennent une diminution sensible des pertes de production, la protection des secteurs de l'horticulture et de l'élevage en prévenant l'introduction de ravageurs, l'instauration de conditions permettant l'exportation vers des marchés lucratifs sans restrictions de quarantaine, la protection et la création d'emplois, une réduction sensible des coûts de production et de santé humaine, ainsi que la protection de l'environnement grâce à la diminution de l'utilisation des insecticides.

La contrainte principale au déploiement de cette technique, mais qui est en voie d'être surmontée reste son coût invitant à la préconiser dans des buts d'élimination des populations de vecteurs d'une zone géographique donnée, pour laquelle on s'est assuré de l'impossibilité d'une recolonisation. En effet, pour parvenir à la réduction voire l'élimination de la population cible, il faut répéter les lâchers de millions de mâles stériles. Cela suppose de disposer d'importantes capacités d'élevage (toutes les familles de vecteurs ne sont pas faciles à élever), de sexage (la mise récente sur le marché d'un robot capable de trier 17 fois plus d'insectes *Aedes* qu'auparavant permet de disposer jusqu'à 16 millions de mâles par semaine) et d'irradiation (acquisition d'un irradiateur dédié au développement des capacités locales d'intervention et de stérilisation des moustiques *Aedes* puis d'autres insectes vecteurs et ravageurs des cultures). De plus, les mâles se dispersant peu, il est nécessaire de les lâcher par drones ou autres aéronefs pour obtenir un ratio homogène de mâles stériles par mâle sauvage, ce qui suppose un cadre réglementaire adapté. Les premières études rétrospectives d'évaluation économique, ont montré que le retour sur investissement était cependant très élevé dans plusieurs pays où cette technique a été appliquée.

2.6.2. Technique de l'insecte stérile renforcée

Il est également à souligner que le CIRAD et l'IRD testent à la Réunion une variante de la TIS appelée TIS renforcée. Dans cette variante, les mâles stériles d'*Aedes* sont imprégnés d'une goutte de larvicide avant d'être lâchés. Ils vont ainsi transmettre spécifiquement ce biocide aux femelles lors de l'accouplement, celles-ci le déposeront dans les gîtes larvaires de leur espèce. Cette mortalité induite des larves permet d'augmenter jusqu'à 10 fois l'efficacité de la TIS tout en utilisant une quantité minime de biocides.

Le grand nombre d'espèces de Culicoïdes (une douzaine en France sur plus de 40 espèces identifiées), leur démographie, leur caractéristiques biologiques et la multiplicité des gîtes larvaires (milieux simplement boueux) ne permettent pas d'envisager dans les cinq à dix prochaines années, l'emploi de la méthode TIS renforcée, pour la prévention de la FCO ou de la MHE.

2.7. Le forçage génétique (gene drive)

Le forçage génétique ou guidage génétique, est une technique du génie génétique qui permet à un gène d'être transmis avec quasi-certitude par reproduction sexuée. Cette technique, apparue au début du XXI^e siècle, utilise la technique CRISPR/Cas9 (ciseaux moléculaires). Le forçage génétique permet de favoriser l'héritage d'un gène particulier et d'augmenter sa prévalence dans une population. Le forçage génétique peut - en théorie - être utilisé pour la prévention de la propagation d'insectes porteurs de maladies, pour contrôler les espèces envahissantes ou pour éliminer la résistance aux pesticides de certaines espèces. La technique peut être utilisée pour ajouter, interrompre ou modifier des gènes d'une population entière de manière à provoquer une

réduction drastique de cette population en réduisant ses capacités de reproduction. Le forçage génétique fonctionne uniquement pour les espèces ayant une reproduction sexuelle active dont le génome a été identifié, elles ne peuvent pas être employées pour modifier des populations de virus ou de bactéries. Ces exemples nécessitent comme première étape incontournable, la connaissance du génome des vecteurs : celui d'*Aedes* a été entièrement identifié depuis 2017 comme celui de 3 espèces de Culicoïdes et un programme sur financement américain vise le séquençage des génomes des 100 espèces vectrices les plus importantes en santé publique. Une équipe de l'INRAE a procédé au séquençage d'*Ixodes ricinus* en 2018.

Parce que le forçage génétique constitue un moyen d'altérer artificiellement l'héritage de certains gènes, cette technique constitue une étape majeure dans le monde de la biotechnologie. L'impact potentiel du recours à des mécanismes de forçage génétique dans la nature soulève des préoccupations bioéthiques majeures concernant leur développement possible et la gestion qui devra en être faite⁴.

Les progrès des outils de la génétique rendent possibles la production d'insectes génétiquement modifiés porteurs d'une anomalie génétique défavorable à la transmission : insecte non compétent pour le pathogène, gènes létaux dominants ou conditionnels, gènes perturbant le sex-ratio... pour leur promoteurs, une des principales difficultés est de réussir à faire diffuser cette anomalie génétique au sein des populations sauvages, les insectes issus de production de masse présentant généralement une résistance dans leur écosystème naturel inférieure aux populations sauvages. Ces insectes ainsi obtenus se rangent dans la catégorie des organismes génétiquement modifiés.

Dans une note du 6 juillet 2020 en réponse à la demande n° 2020-SA-0044 relative au forçage génétique, l'ANSES considère que les conclusions du Haut Conseil des Biotechnologies (HCB, 2017) concernant l'utilisation de moustiques génétiquement modifiés dans le cadre de la lutte antivectorielle sont toujours d'actualité : « Aucune technique de forçage génétique n'a encore atteint le stade d'aboutissement technique permettant d'envisager une dissémination dans l'environnement – les discussions en sont plutôt au stade des bonnes pratiques de recherche en milieu confiné ». Malgré cela une entreprise installée au Royaume Uni (Oxitec) propose des solutions de forçage génétique déployées sur le terrain hors UE dans les trois santés (cf 4.) ainsi que probablement d'autres structures en Asie du Sud Est. De plus, des publications font état de recherche aux Etats-Unis.

2.8. La lutte vaccinale anti-tiques

Des vaccins anti-tiques sont actuellement commercialisés en Australie et à Cuba pour le bétail contre *Rhipicephalus microplus* et des recherches se poursuivent pour le développement d'autres vaccins anti-tiques.

Ces vaccins provoquent chez le receveur une réaction allergique envers un constituant du vecteur (Antigène de la salive, protéine des intestins - Bm86) qui conduit au décrochage de la tique de son hôte; les recherches ont bénéficié d'investissements importants, mais sont confrontées à de grandes variations génétiques dans les réponses, voire des accidents allergiques...Un laboratoire aux USA

⁴ En décembre 2020, plus de 150 organisations non gouvernementales (ONG) internationales ont demandé "un moratoire sur le forçage génétique", car selon elles, ces méthodes peuvent induire des erreurs, c'est-à-dire des mutations qui peuvent perturber d'autres fonctions cellulaires.

travaille sur la modification du microbiote chez les tiques, une technique qui se rangerait a priori parmi les modifications génétiques des organismes avec les restrictions d'usage qui en découleraient.

Aussi prometteuses qu'elles soient, ces recherches pour la lutte contre les tiques qui constituent des défis de demain en matière de maladies émergentes, viendront compléter une panoplie de méthodes éprouvées comme les vaccins à développer dirigés contre les pathogènes. Des croisements de différentes races de bovins permettent aussi d'accroître la résistance naturelle de ces animaux contre les tiques (ex des croisements d'absorption avec du Zébu Brahmane en Polynésie française). Au-delà de cette voie par croisements d'absorption, on pourra mentionner la recherche pour introduire et favoriser des gènes de résistance aux pathogènes transmis par des vecteurs mais cela n'entre pas dans le propos de cette mission.

2.9. Tableau récapitulatif

De la rapide revue des techniques potentiellement utilisables dans la LAV, il ressort qu'aucune ne peut prétendre répondre seule aux enjeux de contrôle, voire d'éradication des vecteurs. Une combinaison de plusieurs techniques selon les catégories de vecteurs visées pour potentialiser les apports de chacune milite pour une approche de lutte intégrée contre les vecteurs.

GenreMéthode	lutte chimique	I. biologique	I. mécanique	autres
Culicoïdes	+		-	
Aedes	++	++	++	++ TIS +++ TIS renforcée
Culex			+	+ TII
Stomoxe		++	++	
Glossines			++	+++ TIS
Cochliomyia				+++TIS
Tabanides			+	
Phlebotome			+	
Drosophile			+	
Simulie			+	
Ixodes	+	++		?*
Rhipicephalus	+	++		++
Hyalomma	+	++		?
Amblyoma	+	++		?
Ornithodore	+	++		?

* Les modalités et l'efficacité des vaccins contre les tiques sont pour la mission encore incertaines à l'exception du vaccin commercialisé en Australie et à Cuba contre *Rhipicephalus microplus*.

? Efficacité de la méthode inconnue ou non explorée sur l'espèce considérée

3. EVOLUTIONS DE LA RECHERCHE

La LAV a longtemps été dominée par la lutte chimique contre les vecteurs et le cas échéant, leurs sites de reproduction en attendant de pouvoir recourir éventuellement à un vaccin contre le pathogène transmis. Dans ce cas, cela peut constituer une solution, mais en l'attente d'une vaccination efficace, les pertes engendrées peuvent s'avérer d'autant plus importantes que le pathogène circule au sein de populations naïves.

Dans le contexte de réduction de l'efficacité des molécules biocides et de leur interdiction de mise en marché en raison de leurs effets indésirables sur le milieu comme des délais de mise au point et de production industrielle de vaccins spécifiques, l'intérêt pour la LAV non chimique est grandissant, mais les solutions font encore défaut faute de connaissances fines de la plupart des systèmes vectoriels.

3.1. Nécessité de pouvoir disposer de plus de connaissances scientifiques et techniques en matière de LAV

La lutte chimique demeure une composante nécessaire dans une approche intégrée, les avancées de la recherche attendues pour les autres méthodes de lutte, voire leur emploi, sont encore insuffisamment développées.

Dans ce domaine de la recherche fondamentale, la France peut s'appuyer sur des institutions et des ressources humaines reconnues au niveau international, mais encore trop isolées, engagées sur les programmes de recherche établis souvent sans concertation avec d'autres instituts, à défaut d'une structure de coordination de la recherche sur les vecteurs et les maladies vectorielles. Ces programmes sont de plus fortement dépendants de financements sur lesquels elles n'ont que peu de visibilité. Les programmes de recherche financés par l'Agence Nationale pour la Recherche, l'ANRS Maladies infectieuses émergentes⁵ ou les ARS sont orientés sur les sujets importants de santé publique et par conséquent n'apportent pas ou peu de réponses aux sujets relevant des maladies animales à fort impact économique pour lesquelles les financements hors MASA sont rares.

Puisque les vecteurs et les pathogènes qu'ils peuvent transmettre ignorent les limites administratives et sont souvent largement disséminés à la faveur d'échanges commerciaux transnationaux, la coordination de la recherche est à conduire au niveau européen, comme le traduisent les réunions des communautés d'intérêt pour la production de connaissances de la *European Society of Vector Ecology* ESOVE⁶. Il devrait en être de même pour les financements.

⁵ Anciennement Agence Nationale de Recherche sur le Sida

⁶ ESOVE, 23rd Conference, ONE HEALTH IN ACTION : Supporting and accelerating the bridging of the vertebrate and plant Health communities, 14-17 octobre 2024, Montpellier.

R1. Tenter d'obtenir un programme de recherche élaboré de préférence au niveau européen destiné à produire des connaissances sur tous les éléments constitutifs des systèmes vectoriels. Ce programme a pour but de définir une stratégie de lutte basée sur la science.

3.2. Structuration de l'appui scientifique et technique en matière de LAV

Un appui scientifique et technique est nécessaire au gestionnaire du risque pour l'élaboration, l'application et l'évaluation des mesures dans le domaine de la santé animale depuis qu'il ne dispose plus de laboratoires en son sein. Cet appui en matière de la lutte contre les vecteurs de maladies vectorielles a été apporté par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), créée en 1999 et incorporée à l'ANSES en 2010, ainsi que par le CNEV aujourd'hui dissout.

3.2.1. Le Centre National d'Expertise sur les Vecteurs (CNEV) et le risque vectoriel

Une mission inter inspections générales des ministères chargés de la santé et de l'environnement en 2006 rappelant que la prévention des maladies à transmission vectorielle était une question de santé publique et relevait, à ce titre, de la compétence générale de l'Etat, recommandait la création d'un dispositif législatif unique pour encadrer la lutte contre les insectes et autres arthropodes hématophages. Face à la progression des maladies vectorielles, l'Etat (par le biais de six ministres dont ceux chargés de la Santé et de l'Agriculture) commandait à l'IRD en 2008 une étude pour refonder la politique de LAV en France (Hexagone et Outre-mer). Le rapport remis en juin 2009 comprenait une série de recommandations dont une préconisait la création du CNEV.

Un CNEV dépourvu de personnalité juridique a été mis en place en 2011 (réunion constitutive du 20/10/2011) autour de l'unité mixte de recherche (UMR) MIVEGEC de l'IRD avec un large panel de partenaires associés (opérateurs de la LAV/démoustication de métropole et des territoires ultra-marins, Agences sanitaires, Instituts et laboratoires d'universités spécialisés sur les vecteurs...). La gouvernance du CNEV était assurée par les ministres chargés de la Santé et de l'Agriculture, assistés d'un comité de pilotage de 16 membres : 8 institutionnels et 8 personnalités qualifiées, l'ANSES en assurait le secrétariat.

Pendant plus de 6 ans, le CNEV aura fonctionné plutôt comme un réseau d'experts en entomologie médicale et vétérinaire et en lutte anti-vectorielle chargé de :

- Réaliser des expertises sur les stratégies et indicateurs en LAV, sur l'identification des vecteurs, sur l'efficacité des méthodes de lutte ;
- Apporter un appui scientifique et technique aux décideurs (ministères et agences sanitaires) ;
- Transférer les compétences techniques et acquis de la science aux opérateurs de la LAV ;
- Participer à la formation des dits opérateurs ;
- Organiser une veille scientifique et technique mondiale ;
- Préparer les contenus et supports de communication à destination de tous les acteurs de la lutte à commencer par les citoyens ;
- Faire des propositions pour orienter la recherche sur les vecteurs et la LAV afin d'en améliorer l'efficacité.

Toutefois, du fait de certaines limites et faiblesses telles que :

- l'absence de statut juridique du CNEV (ni GIP, ni GIS, ni LNR, ni CNR...) qui n'existait qu'au travers d'une convention de reversement de fonds entre l'ANSES et l'IRD, sans réelle personnalité morale, donc ne pouvant contracter directement, d'où des pertes financières liées à la TVA dans un fonctionnement en cascade, ainsi qu'une absence de visibilité plaçant le CNEV en risque pour sécuriser ses moyens humains et en difficulté pour établir des partenariats européens ;
- le risque de conflits d'intérêts puisque regroupant donneurs d'ordre, opérateurs et société civile, l'ANSES s'est vue confier, depuis 1er janvier 2018, les missions du CNEV en matière d'expertise pour l'évaluation des risques et l'aide à la décision dans le domaine des vecteurs. Le CNEV ayant consécutivement disparu, certaines activités comme les échanges entre les différents acteurs, utiles pour l'orientation de la recherche, le transfert de compétences et acquis scientifiques, les références méthodologiques, la préparation de communications, voire certains types d'expertises, ont pu rester orphelines au niveau national.

3.2.2. GT vecteurs de l'ANSES

Parmi sa vingtaine de groupes de travail (GT), l'ANSES a mis en place en 2019 après un appel à candidature un GT vecteurs composé d'experts provenant du monde académique de la santé (humaine, animale et environnementale). Pour son renouvellement, l'appel à candidature précise que le GT sera rattaché soit au comité d'experts spécialisés « santé et bien-être des animaux » soit à celui « substances et produits biocides ». Le GT est spécifiquement chargé de :

- Réaliser des expertises collectives dans le domaine des vecteurs et de la LAV ;
- Évaluer les risques, pour l'être humain et l'animal, liés aux vecteurs de maladies et à la LAV, évaluer l'efficacité (bénéfices/risques) des différentes stratégies de LAV ;
- Répondre aux besoins d'appuis scientifiques et techniques ponctuels (y compris urgence) des ministères ;
- Alerter les ministères sur les risques vectoriels et les risques d'émergence sur le territoire national.

Les membres du GT vecteurs auditionnés par la mission se félicitent de la reprise par l'ANSES d'une partie du mandat du CNEV en soulignant la robustesse des avis émis par cette agence et l'indépendance de l'expertise.

Les délais de remise des avis sont cependant plus longs. De plus, les besoins de communication pour le transfert de connaissances aux opérateurs n'est plus assuré, cette mission n'entrant pas dans les missions de cette structure. En raison de l'indépendance de l'expertise, les acteurs de l'épidémiosurveillance et de la lutte contre les vecteurs ainsi que le gestionnaire du risque ne participent pas aux échanges.

3.2.3. Le Vectopôle Sud

Différentes infrastructures de recherche (basées pour beaucoup à Montpellier) sur les vecteurs de maladies émergentes et les ravageurs des cultures ont mis en place, avec l'appui de la région Occitanie, le Vectopôle Sud. Certains manques laissés par la disparition du CNEV sont palliés par ce réseau informel. Celui-ci permet, en effet, l'élaboration et la mise en œuvre de méthodes conceptuelles et d'outils opérationnels innovants associant tous les acteurs (chercheurs, décideurs, professionnels, société civile et secteur privé ouvert aux industriels nationaux et internationaux).

Le réseau Vectopôle Sud a pour objectifs de :

- Structurer les compétences sur les vecteurs, les ravageurs et les maladies associées de par :
 - la synergie des expertises, des ressources et des moyens,
 - les réponses communes aux appels à projets ;
- Renforcer le rayonnement de Montpellier dans ce domaine par des actions de :
 - recherche (production scientifique),
 - formation (masters, modules d'enseignement, formation courte et professionnelle),
 - expertise,
 - valorisation (produit de recherche exploitable industriellement et impact) ;
- Appuyer scientifiquement et techniquement les gestionnaires de santés humaine, animale et végétale.

Ce Vectopôle Sud est composé de cinq plateformes ouvertes aux structures académiques et aux industriels ainsi que de trois laboratoires associés :

- Le Vectopôle de la Délégation Régionale d'Occitanie de l'IRD, au sein de l'UMR Université de Montpellier (UM)-CNRS-IRD MiVEGEC (Maladies Infectieuses et Vecteurs : Ecologie, Génétique, Evolution et Contrôle), disposant de compétences en matière de recherche sur les vecteurs et pathogènes d'importance médicale ;
- L'Insectarium de Baillarguet du CIRAD au sein des unités ASTRE (Animal, santé, territoires, risques et écosystèmes) UMR CIRAD-INRAE et InterTryp (Interactions Hôte-Vecteur-Parasite-Environnement dans les maladies tropicales négligées dues aux Trypanosomatidae) UMR CIRAD-IRD disposant de compétences en matière de recherche sur les vecteurs d'importance vétérinaire ;
- Les laboratoires de recherche et développement de l'Entente Interdépartementale de Démoustication (EID) Méditerranée, opérateur public, développant des méthodes et outils de lutte contre les moustiques « nuisants » (piqûre sans risque de propagation de maladies) et les moustiques vecteurs potentiels d'agents pathogènes ;
- Le Vectoplande au sein de PHIM (Plant Health Institute Montpellier) UMR Cirad-INRAE-IRD-Institut Agro-UM, disposant de compétences en matière de recherche sur les vecteurs et pathogènes à transmission vectorielle d'intérêt agricole ;
- La plateforme d'insectes de Quarantaine – PIQ - de l'UM, au sein de UMR INRAE-UM DGIMI (Diversité, génomes et interactions microorganismes-insectes), disposant de compétences en matière de recherche sur insectes d'intérêt agricole ;
- Trois laboratoires associés : Le Centre de Biologie pour la Gestion des Populations⁷, l'unité d'Entomologie et Botanique du Laboratoire de la Santé des Végétaux de l'ANSES et l'InTheRes⁸.

⁷ Unité mixte de recherche CIRAD, INRAE, IRD, Montpellier-SupAgro

⁸ Unité mixte de recherche Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse et INRAE travaillant sur les Innovations Thérapeutiques et Résistances

Ces plateformes⁹ permettent d'accueillir des chercheurs, ingénieurs et techniciens dans des structures adaptées (modularité, confinement) et fournissent des arthropodes ainsi que des produits dérivés. Des offres de formation et d'expertise sont également possibles.

3.2.4. Perspectives

Le Vectopôle Sud même s'il accueille des structures implantées hors de l'Occitanie tant dans ses objectifs que dans son financement peut difficilement se voir confier des missions à portée nationale. Or certaines activités autrefois dévolues au CNEV (cf. fin du paragraphe 3.2.1.) nécessitent d'être assurées. En outre, aucune structure de recherche ne dispose à ce jour d'un « mandat national spécifique lutte anti-vectorielle ». Il est à noter qu'en santé des végétaux, la dimension ravageurs prime souvent sur la dimension vectorielle.

La recherche sur les vecteurs responsables d'épizooties, voire de maladies végétales (Outre-mer inclus), devrait faire l'objet d'un mandat du MASA, associé à un financement, pour que celui-ci bénéficie de l'expertise de la structure récipiendaire. Puisque la LAV en santé animale traitera de différents vecteurs et pathogènes, cette structure devrait recevoir un mandat transversal à l'instar de celui confié au CNR BEA en matière de bien-être animal.

Suivant une approche « Une Seule Santé » il semble souhaitable qu'une coordination de la lutte contre les arthropodes vecteurs et ravageurs soit assurée sous l'égide des ministères chargés de la Santé, de l'Agriculture, de l'Environnement et de la Recherche.

Dans son avis complémentaire du 18 juin 2024 concernant la santé humaine vis-à-vis du risque WN et Usutu, le COVARs propose de constituer une structure d'expertise dont la composition pourrait s'appuyer sur deux cercles :

- un premier cercle opérationnel intégrant en particulier des représentants de la direction générale de la santé (DGS), du Ministère de la Recherche, de la DGAL, de SPF, de l'ANSES, du SECPROCH¹⁰ et des CNR et LNR impliqués,
- un second cercle d'expertises associées telles que : consortiums territoriaux de surveillance et de recherche, modélisateurs, opérateurs de LAV, organismes de recherche, EFS¹¹, Office français de la biodiversité, plateforme nationale d'épidémiosurveillance en santé animale...

Dans une vision santé humaine, le COVARs restreint le pilotage de la coordination aux ministères chargés de la santé et de la recherche en ne citant pas l'environnement.

Pour la mission, plutôt que de créer une seconde instance pour les problématiques en santé animale et en santé végétale, il semble souhaitable, dans une perspective « Une Seule Santé », que cette coordination reste unique. Elle serait placée non seulement sous l'égide des deux ministères chargés de la santé et de la recherche, mais aussi du MASA, vue l'importance économique considérable tant pour les productions animales que végétales, et du ministère chargé de l'environnement pour que toutes les santés soient prises en compte, y compris la biodiversité.

⁹ Terme retenu car employé par le Vectopôle Sud sur son site internet

¹⁰ groupe de travail permanent Sécurité des éléments et produits du corps humain compte tenu du risque de contamination par le WNV

¹¹ Etablissement français du sang pour les mêmes raisons

R2. Confier un (ou des) mandat(s) national(aux) de lutte contre les vecteurs en santé animale voire végétale, sur le modèle CNR BEA à des structures de recherche. Travailler en interministériel à la création d'une instance de coordination nationale de la LAV, dans une démarche « Une Seule Santé », composée d'un premier cercle opérationnel d'acteurs publics et d'un second cercle d'expertises associées.

3.3. Evolution de la surveillance entomologique

Le changement climatique, l'intensification du tourisme et des activités commerciales ont entraîné l'invasion de la zone tempérée par plusieurs espèces de moustiques ou autres vecteurs considérés jusqu'alors comme exotiques, avec des conséquences écologiques et économiques considérables, ainsi que des menaces pour la santé humaine.

La surveillance épidémiologique classique, tant événementielle qu'active, est fondée sur la détection de cas ou de la présence de l'agent infectieux chez l'hôte. Elle ne permet pas toujours d'agir suffisamment tôt. Cela amène à envisager la détection du pathogène chez le vecteur.

La répétition de crises selon une fréquence rapprochée milite pour un changement de paradigme en passant d'une approche en réaction aux crises à une approche d'anticipation et de préparation aux crises, ce qui suppose d'investir dans la surveillance des dynamiques d'évolutions spatiales et temporelles des populations de vecteurs, comme des pathogènes d'importance, et de disposer d'outils d'aide à la décision fondés sur des modèles prédictifs nourris par les données collectées lors de précédentes crises dans des contextes épidémiologiques similaires.

3.3.1. Les réseaux de capture de vecteurs

La détection de cas chez les hôtes vertébrés peut être utilement complétée par une surveillance entomologique permettant de se préparer à toute émergence ou réémergence de maladie dès lors qu'on aura pu isoler le pathogène dans la population de vecteurs autochtones.

Plus en amont, la surveillance entomologique peut permettre de détecter la présence de vecteurs considérés jusqu'alors exotiques.

Cette méthode de surveillance active repose sur le piégeage du vecteur, puis sur son analyse entomologique, virologique ou bactériologique après dissection de chaque individu capturé pour isoler l'appareil digestif.

La surveillance entomologique se présente comme un outil d'alerte précoce permettant de mieux appréhender la circulation d'arbovirus pour, in fine, bien adapter la stratégie de lutte anti-vectorielle et ainsi mieux protéger les populations des épidémies/épizooties. Aux côtés de l'alerte précoce, la surveillance est aussi un outil précieux pour évaluer en temps réel, comme sur le moyen terme, l'efficacité des stratégies de lutte.

Les limites de la méthode sont qu'elle n'est pas adaptée aux faibles taux d'infection des populations de vecteurs rencontrées généralement dans les zones peu ou pas endémiques, l'opération s'avérant dans ce cas logistiquement lourde et donc coûteuse. Pour remédier à ces contraintes notamment pour les maladies à tiques ou à moustiques, la mission relève des pistes intéressantes présentées en 3.3.2.

Par ailleurs, concernant les Culicoïdes, cette surveillance entomologique s'inscrivait dans une convention CIRAD-DGAL jusqu'en 2016 afin de suivre les circulations durant les crises (2009-2012 puis 2015-2016) et en réponse à une obligation réglementaire européenne. Elle ne peut avoir

d'intérêt immédiat que pour la détermination des périodes d'inactivité vectorielle. En effet, étant donné la densité des populations dans les élevages ou leur proximité, les délais entre la détection du pathogène chez le vecteur et l'apparition des premiers signes cliniques chez l'hôte sont très courts.

Aucune analyse coût bénéfice de ce « dispositif Culicoïdes » n'est cependant disponible car la surveillance entomologique a été conduite en parallèle de surveillances, événementielle et programmée, sur animaux sentinelles rendant difficile l'imputation des bénéfices.

3.3.2. Surveillance citoyenne

De nombreuses initiatives ont été développées en santé publique pour la surveillance des arboviroses à *Aedes albopictus* avec comme principaux avantages, le passage à l'échelle à moindre coût pour la détection de maladies circulant à bas bruit et la mobilisation des volontaires dès le stade de la surveillance pour une communication et une acceptance facilitées lors de la mise en œuvre des programmes de lutte.

La mobilisation citoyenne comme celle recherchée dans le programme européen Mosquito Alert et déclinée en Espagne depuis plus de cinq ans ou en France métropolitaine avec le portail dédié¹² ouvert depuis moins d'un an permet aux scientifiques de surveiller la propagation de ces vecteurs, sur la base de photos d'insectes prises par les citoyens. Ces réseaux de surveillance sont orientés en priorité contre cinq espèces de moustiques préoccupantes en Europe (le moustique tigre asiatique - *Aedes albopictus*), le moustique de la fièvre jaune - *Aedes aegypti*, le moustique de brousse asiatique - *Aedes japonicus*, *Aedes koreicus* et le moustique domestique commun vecteur du WNV - *Culex pipiens*).

Pour aller plus loin et comme expérimenté en Hongrie sur trois espèces de moustiques invasives (*Aedes albopictus*, *Aedes japonicus* et *Aedes koreicus*), la surveillance peut s'appuyer sur la récolte d'insectes par des pièges répartis jusque chez les habitants selon un maillage et une collecte pour traitement définis par les experts. Une expérience similaire a été conduite par l'EID Méditerranée chez des habitants de communes autour de Montpellier et autour d'Aix les Bains pendant 3 années successives afin d'étudier l'efficacité d'un piégeage de masse individuel.

Concernant la surveillance des tiques dont le captage est difficilement possible autrement que par prélèvement direct dans le milieu naturel, la contribution des citoyens sous réserve d'une formation adéquate permettrait de rassembler des échantillons significatifs, y compris dans des milieux naturels sauvages. On pourra mentionner ici le programme national de recherche citoyenne CITIQUE¹³ ou l'initiative PYRTICK dans les Pyrénées pour évaluer et anticiper les risques de transmission des maladies à tiques développée par des laboratoires des Pyrénées et des Landes, l'Université de Saragosse et l'Institut basque Neiker sur un financement européen. Dans sa phase initiale, le projet est conduit par des équipes de chercheurs qui ont mis au point des méthodes harmonisées de collecte de tiques dans la végétation et sur les animaux tels que les rongeurs, les oiseaux et les ongulés dans divers habitats caractérisés sur un plan pédo climatique. Les livrables

¹² www.signalement-moustique

¹³ programme de recherche participative partenarial visant à mieux comprendre l'écologie des tiques et les maladies qu'elles transmettent.

CITIQUE fait travailler ensemble à toutes les étapes du programme des citoyens et des chercheurs de l'INRAE, l'Université de Lorraine, de l'ANSES, .

seront des cartes prédictives, montrant la répartition et le risque lié à la présence des tiques selon divers scénarios de changement climatique. Il n'est pas exclu que l'initiative puisse s'ouvrir aux citoyens afin d'augmenter significativement la collecte et ainsi affiner la valeur scientifique des cartes prédictives, mais également stabiliser une méthode participative répliquable à d'autres régions montagneuses.

3.3.3. Xénosurveillance moléculaire

Un nouveau système de détection mis au point par l'IRBA (institut de recherche biomédicale des armées), basé sur l'analyse moléculaire de virus dans les excréments de moustiques piégés est utilisé en Occitanie avec des résultats probants ; cette méthode innovante – et rentable – de xénosurveillance consiste à capturer des vecteurs qui sont nourris dans le piège pour y survivre en grande quantité afin de collecter leurs excréments puis de les analyser.

La méthode d'analyse moléculaire permet la détection de la présence de pathogènes chez le vecteur mais peut fournir également des informations sur la dynamique de la diversité des communautés de vecteurs collectés sur plusieurs sites d'échantillonnage, ainsi que la diversité des hôtes vertébrés dont ils se sont nourris avant d'être capturés.

Sur la surveillance entomologique animale et environnementale, la mission souhaite s'appuyer sur les recommandations COVARS du 18 juin 2024 qui s'articulaient autour de trois axes :

- mettre en place une activité de surveillance de la circulation virale dans le compartiment entomologique et la faire démarrer sous la forme d'une collaboration entre surveillance et recherche. Puisqu'il n'est ni envisagé, ni envisageable de surveiller toutes les maladies vectorielles présentes ou susceptibles d'émerger, une priorisation pourra s'appuyer sur l'avis du COVARS du 3 avril 2024 qui liste parmi les zoonoses infectieuses présentant à court terme un risque sanitaire majeur juste derrière les gripes à coronavirus, des arboviroses (dengue et infection à virus West-Nile (WN)), la fièvre hémorragique de Crimée-Congo (FHCC) selon une répartition différente entre métropole et outre-mer (les encéphalites à tiques et la fièvre de la vallée du Rift étant particulièrement à surveiller dans les territoires ultra-marins).
- promouvoir des techniques innovantes de recherche du virus dans différents tissus et excréments des vecteurs ce qui suppose la validation par le LNR spécialisé selon les maladies.
- développer et organiser la surveillance animale active pour participer à la détection de la circulation précoce du virus, notamment dans le cas du virus WN où il conviendra de suivre les compartiments équins et aviaires où les expressions cliniques sont faibles, et d'explorer l'importance potentielle d'autres compartiments animaux dans la maintenance et la diffusion de virus, ou comme indicateurs épidémiologiques

3.4. Construction de modèles de prédiction

Pour se préparer aux émergences et donc les gérer au mieux lorsqu'elles surviendront, l'anticipation est primordiale. La surveillance évoquée plus haut peut également servir à la construction de modèles de prédiction de par l'abondance des données collectées et être guidée et adaptée sur les zones à risques par ces mêmes modèles.

La modélisation de la dispersion du sérotype 8 de la FCO depuis la Belgique à partir de 2006 a permis de construire, *a posteriori* en 2011, un modèle¹⁴ sur la vitesse d'expansion et l'orientation de la vague de propagation nord-est sud-ouest. Appliquée à la crise sanitaire à Culicoides vecteur du sérotype 3 de l'été 2024, cette modélisation s'avère erronée tant par sa vitesse que par son orientation. Il en va de même pour la reprise de la crise avec le sérotype 8 et la MHE depuis le grand Sud-Ouest.

D'autres modèles d'aide à la décision sont alors nécessaires qui se construisent à partir des données issues de la surveillance opérée dans des géographies à profil épidémiologique comparable qui concernent les vecteurs, mais également divers critères pédoclimatiques. Par construction, les modèles sont propres à chaque espèce pour tenir compte de leurs caractéristiques biologiques^{15 16}. La mission relève qu'aucun modèle n'intègre la dimension « transport des animaux voire des vecteurs ».

Dans le cadre de l'appel à projets 240318 de DGAL, plusieurs propositions portées par des consortiums de recherche français ont été faites traduisant les attentes pour pouvoir disposer de tels outils d'aide à la décision pour une LAV efficace.

R3. Adosser les stratégies de lutte sur la surveillance et la veille.
Élaborer des modèles prédictifs plus performants intégrant un maximum de paramètres.

4. PARANGONNAGE INTER-SANTES

La lettre de commande suggère de s'inspirer des expériences développées dans les secteurs des santés humaines et végétales qui pourraient s'avérer utiles en santé animale ainsi que dans une approche une seule santé, identifier des actions de terrain communes à bénéfices mutuels.

4.1. Populations humaines : santé publique et nuisances aux habitants

Issue de la lutte antipaludique au sortir de la seconde guerre mondiale, la LAV s'inscrivait alors dans les compétences générales de la prévention sanitaire, son financement entrait dans les dépenses obligatoires des conseils généraux sous un pilotage préfectoral.

En 1958 apparaît une première entente interdépartementale de démoustication (EID) sur le littoral du Languedoc Roussillon (dénommée actuellement EID pour la démoustication du littoral méditerranéen et communément appelée EID Méditerranée). La loi 64-1246 prévoit la création, par

¹⁴ <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3090993/>

¹⁵ VECTOR-borne diseases and CLIMate change in Occitanie, projet RIVOC coordonné par l'Université de Montpellier, sur financement de la Région Occitanie et mise en œuvre par le CIRAD pour le développement de modèles de dynamique des populations et des modèles épidémiologiques pour évaluer l'impact du réchauffement climatique récent et futur sur la transmission des virus transmis par ces vecteurs

¹⁶ IZF-Terramo OMSA pour la diffusion inter troupeaux mais également CIRAD CNRS pour la diffusion intra troupeau, ArboCarto et ArboCartoR de l'UMRASTRE

arrêté préfectoral, de « zones de lutte contre les moustiques » dans cette région ainsi que dans les départements dont les conseils généraux le demanderaient. Cette loi ne fait pas état dans son libellé initial du rôle vectoriel des moustiques.

Si cette loi toujours intitulée loi relative à la lutte contre les moustiques, modifiée par les lois 2004-809, 2004-1343 et 2013-403, prévoit dans sa version en vigueur actuellement, la délimitation de telles zones, par arrêté préfectoral, dans les départements où existent des conditions entraînant le « développement de maladies humaines transmises par l'intermédiaire d'insectes » ou ceux où les « moustiques constituent une menace » pour la santé de la population, elle permet aussi aux conseils départementaux de demander leur instauration. Dans ces zones, les services du département sont autorisés à procéder d'office aux prospections, traitements, travaux et contrôles nécessaires. L'ambiguïté sur les espèces concernées par cette loi ainsi que sa non intégration au code de la santé publique sont à noter.

Le code de la santé publique (CSP) contient des dispositions (article L. 3131-1 actuellement) permettant au ministre chargé de la santé, en cas de menace sanitaire grave (dont les maladies vectorielles), de prescrire toute mesure proportionnée aux risques courus et appropriée de temps et de lieu afin de prévenir et de limiter les conséquences. Le représentant de l'Etat territorialement compétent, habilité, peut prendre toutes les mesures d'application de ces dispositions. Il est à noter que l'article L. 3131-5 prévoit qu'un fonds finance des actions en cas de menace sanitaire grave, notamment celles prescrites à l'article L. 3131-1. L'article L. 3131-5 du CSP indique que les conditions de constitution du fonds sont fixées par la loi de finances ou la loi de financement de la sécurité sociale (LFSS).

Les lois de décentralisation depuis 1982, les évolutions de l'administration territoriale de l'Etat ainsi que la création des agences régionales de santé (ARS), consécutive à la loi 2009-879 « Hôpital Patients Santé Territoire (HPST) » du 21 juillet 2009 (dite loi Bachelot initiée par le rapport remis en avril 2008 par le sénateur Larcher) ont généré un nouveau partage des compétences entre l'Etat et les collectivités territoriales. La loi HPST a structuré l'administration de la santé et en particulier de celles en charge de la lutte contre les maladies vectorielles et leurs vecteurs. Les ARS ont intégré notamment les parties Etat des anciennes directions régionales et départementales des affaires sanitaires et sociales dont les services santé environnement. Cette loi est également à l'origine de l'ANSES qui coordonne l'expertise sur les vecteurs (CSP article R.1313-1), en conséquence pour les santé humaine, animale et végétale.

La DGS assure la coordination nationale de la politique de prévention des maladies vectorielles à moustiques en s'appuyant sur les agences ANSES et Santé Publique France (SPF). SPF a été créée en 2016 par le regroupement de trois agences, ses missions de SPF dans ce domaine sont de :

- Définir en lien avec les directions du ministère de la santé, piloter et coordonner la surveillance épidémiologique des maladies vectorielles en France ;
- Adapter la surveillance aux spécificités et risques régionaux : dispositifs de surveillance renforcée dans les départements métropolitains colonisés par le moustique vecteur et dispositifs spécifiques aux différents départements d'Outre-mer avec les cellules régionales en lien avec les agences régionales de santé ;
- Contribuer à l'information et la sensibilisation des professionnels de santé, des collectivités locales et du grand public sur la maladie et les mesures de prévention.

Il est à noter que Santé Publique France dispose d'au moins une cellule dans chaque région.

Une instruction DGS/VSS1/2019/258 du 12 décembre 2019 précise l'organisation de la prévention des maladies vectorielles à moustiques et rappelle les dispositions de lutte contre les moustiques. La surveillance entomologique des insectes vecteurs ainsi que, lors de cas humains signalés, les mesures de lutte contre ces insectes relèvent des ARS (article R. 3114-9 à 11 du CSP). La réalisation de ces mesures de lutte et de surveillance peut être confiée à des organismes de droit public (Ex : EID Méditerranée en PACA, services de collectivités territoriales notamment dans les Outre-mer) ou privé (Ex la société Altopictus dans de nombreux départements d'Occitanie et de Nouvelle-Aquitaine, ARD dans certains d'Île de France, fédérations régionales de défense contre les organismes nuisibles - FREDON cf 4.2. etc.). Les maires dans le cadre de leurs compétences en matière d'hygiène et de salubrité prennent part aux actions de prévention et de lutte contre les insectes vecteurs (article L. 1331-13 du CSP).

La lutte contre les moustiques « nuisants » (piques sans risque de propagation de maladie) relève des départements et des maires ; les opérateurs pour la mise en œuvre sur le terrain peuvent localement être les mêmes que pour les moustiques « vecteurs ».

Des actions contre la propagation des épidémies de dengue, Zika et Chikungunya sont menées dans les Outre-mer ou en métropole dans le cadre ORSEC (article R. 3114-12) quand la situation le nécessite. Il n'y a pas d'épidémie de ces maladies, en France métropolitaine où leur vecteur est *Aedes albopictus* (épidémie de dengue en Guadeloupe en cours); la détection d'un cas de ces maladies à déclaration obligatoire donne lieu à des investigations épidémiologiques et entomologiques pour déclencher des mesures appropriées. Toutefois, des cas autochtones peuvent survenir consécutivement à des cas importés et donner lieu à des traitements adulticides ainsi qu'à une recherche active d'autres cas autour de ces foyers autochtones réalisée conjointement par les ARS et Santé Publique France. Les données ci-après émanent de Santé Publique France.

Statistiques 2024 arrêtées au 29 octobre 2024	Dengue	Chikungunya	Zika
Nombre de cas importés dont après 01/05	4042 dont 1771	24 dont 18	7 dont 5
Nombre d'épisodes de cas autochtones	11	1	0
Nombre de cas autochtones	85	1	0

Avant le premier mai, les populations de moustiques tigres n'avaient pas repris leur activité vectorielle.

Il est à noter que les ARS participent notamment en Outre-mer, à des essais allant jusqu'à la phase 3 de LAV mettant en œuvre la TIS (irradiation ou *Wolbachia*), renforcée ou non, encadrés par des arrêtés préfectoraux (AP). Ces méthodes sont utilisées dans différents états hors UE ainsi que de façon limitée en Europe du sud.

Par ailleurs, la société Oxitec du Royaume-Uni a procédé à des essais de lâchers de moustiques *Aedes aegypti* génétiquement modifiés (« Oxitec's Friendly™ Technology ») au Brésil pour lutter contre les arboviroses, ces essais qualifiés de positifs par Oxitec n'ont pas semblé pleinement conclusifs. D'autres essais ont été menés dans un comté de Floride sur une superficie étendue à

7500 hectares, en avril 2022. La société fait état de bons résultats, mais, à ce jour, aucune publication scientifique dans une revue à comité de lecture n'est intervenue. Cette société indique poursuivre aussi de tels essais à Djibouti, contre le paludisme transmis là par *Anopheles stephensi*, ainsi que dans d'autres états du Moyen-Orient et d'Afrique. La mission n'a pas trouvé mention d'applications à grande échelle par des organismes de l'Asie de l'Est.

4.2. Santé et protection des végétaux

Les arthropodes, essentiellement les insectes et les arachnides sont à l'origine de pertes de production importantes pour l'agriculture, tant comme ravageurs directs ou comme vecteurs d'agents pathogènes. De ce fait, et bien que d'autres pollinisateurs ou auxiliaires soient utiles ou indispensables aux cultures, les insecticides (au sens large) constituent une part notable des pesticides épandus pour la protection des végétaux.

Les pathogènes transmis peuvent entraîner la mort de plantes annuelles (céréales, légumes etc.) mais aussi d'arbres. Une souche de *Xylella fastidiosa* (vecteur le cercope infectieux) a tué ou provoqué l'arrachage de plusieurs millions d'oliviers en Italie du sud depuis 2008, une souche différente transmise par une cicadelle, de centaines de millions de pieds de vigne dans les pays méditerranéens de l'UE (jusqu'à la Bourgogne en France). Certains insectes pondent leurs œufs sous la peau des fruits les rendant impropres à la consommation (Ex : *Drosophila suzukii* pour différents arbres fruitiers, notamment cerisiers), d'autres pondent sur les feuilles, les tiges ou l'œil des fleurs fécondées (Ex carpocapse du pommier ou du poirier) et un "ver" (larve) se développe dans le fruit.

La lutte contre la plupart des arthropodes vecteurs ou ravageurs relève directement de la responsabilité des producteurs qui doivent employer des substances autorisées à cet effet conformément à leur AMM. Pour certains organismes nuisibles, elle peut être encadrée par des dispositions spécifiques réglementaires européennes ou nationales sous l'égide de la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) du MASA. Les services déconcentrés en charge de la protection des végétaux sont les services régionaux de l'alimentation (SRAL) des DRAAF, ils sont appuyés par les FREDON.

La réduction des substances autorisées et les plans Ecophytos successifs ont permis une réduction de l'ordre de 50% de l'emploi des insecticides conventionnels, entraînant parfois l'interdiction de tous les produits efficaces sur certains organismes. En parallèle, les produits de biocontrôle ou utilisés en agriculture biologique, notamment les phéromones évoquées en 2.3., ont vu leur volume être multiplié par trois. Afin de permettre aux agriculteurs de disposer de solutions pour limiter leur impact, le MASA met en œuvre, en lien avec les filières, un Plan d'action stratégique pour l'Anticipation du potentiel Retrait européen des Substances Actives et le Développement de techniques Alternatives pour la protection des cultures dénommé PARSADA. Que cette lutte concerne des organismes réglementés ou non, pour plusieurs filières, le PARSADA a initié ou permis la recherche et le développement de techniques de LAV biologique (prédateurs ou parasitoïdes) ou génétique (TIS).

En Amérique du Nord, la TIS par ionisation est employée, depuis plusieurs décennies, pour lutter avec succès pour lutter en arboriculture contre différents insectes notamment le carpocapse du pommier au Canada et une mouche des fruits, *Ceratitis capitata*, éradiquée en 1986 au Mexique. Depuis quelques années, elle est utilisée en Italie et en Espagne. Dans la région de Valence, une

structure para publique produit et commercialise des dizaines de millions de males stériles pour lutter dans les vergers d'agrumes contre la cératite.

En France, des essais de lâchers de carpocapses stériles produits au Canada ont fait la preuve de leur efficacité ; des recherches et essais concluants ont été conduits, depuis les années 2010, par l'INRAE sur une autre mouche des fruits invasive, *Drosophyla suzukii* sur fraisier et framboisier, un essai confiné sur cerisier doit intervenir en 2025. Le Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes sollicite un avis de l'ANSES sur l'utilisation de ces macroorganismes obtenus par irradiation dans une lutte opérationnelle contre ce ravageur. Il est à noter qu'il a été indiqué à la mission que des insectes mâles stériles de *D. suzukii* sont produits et commercialisés au Royaume-Uni pour les producteurs de petits fruits rouges.

De nombreuses publications scientifiques notamment américaines ont pour objet l'emploi de la technologie CRISPR/CAS9 pour la LAV en arboriculture. La société britannique susmentionnée fait état d'avoir réalisé des essais confinés avec des *Ceratitis capitata* modifiées au Royaume-Uni, Maroc, Australie, Brésil et Grèce.

4.3. Santé animale : des évolutions à envisager

Dans le domaine de la santé animale, la DGAL du MASA est en charge du pilotage de la surveillance et de la lutte contre les maladies vectorielles et leurs vecteurs, les actions de terrain et leur coordination étant effectuées par les DDecPP en liaison avec les SRAL. Les avis de l'ANSES guident les décisions du gestionnaire du risque. Les opérations de LAV qui relèvent pour l'heure de la lutte chimique individuelle¹⁷, sont mises en œuvre par les éleveurs qui en assument la charge financière, avec l'appui et les conseils du réseau des vétérinaires sanitaires et des GDS. La réglementation relative est d'essence européenne (« Loi Santé Animale » et textes dérivés), elle est précisée par des dispositions nationales.

L'absence de recours en santé animale de la TIS par ionisation, et de la TII (contamination par Wolbachia) par rapport aux santés humaines et végétales, la progression des résistances aux insecticides comme leur impact environnemental rendent nécessaires un financement de la recherche d'alternatives aux biocides.

Si la société britannique susmentionnée propose des solutions de forçage génétique pour certains vecteurs d'arboviroses animales, il ne s'agit pas d'espèces présentant un intérêt notable en Europe. De plus, dans ce domaine de la santé animale, aucune publication dans une revue reconnue ne fait état de résultats probant et leur acceptabilité sociale est très incertaine.

Les épizooties vectorielles animales actuelles concernant la plupart des pays de l'UE, une structuration et un financement pérenne européen sur des projets scientifiquement validables seraient souhaitables.

¹⁷ Application d'insecticide sur chaque animal d'un lot

R4. A l'instar de la protection des végétaux, sécuriser un financement pérenne de la recherche et du déploiement d'alternatives aux biocides, en santé animale, au niveau français ou de préférence européen.

Pour plusieurs arboviroses zoonotiques, les mammifères domestiques sont des hôtes « culs de sac » ne jouant pas de rôle dans le cycle épidémiologique, le réservoir étant souvent l'avifaune comme pour l'encéphalite du Nil occidental. Ils peuvent néanmoins servir de sentinelles pour l'homme et nécessiter des soins du fait de la pathologie transmise. Si les soins relèvent de décision des détenteurs, la mission s'interroge quant à la prise en charge des opérations de dépistage par le MASA plutôt que par le ministère chargé de la santé. Pour les mêmes raisons, les décisions sanitaires pour lutter contre les vecteurs de ces zoonoses doivent prendre en compte en premier lieu la santé humaine.

Pour les autres maladies vectorielles épizootiques, la lutte relèvera au premier lieu du MASA, toutefois les modalités d'emploi de nouvelles techniques seront similaires dans les santés humaine, animale ou végétale et ce sans oublier la santé environnementale. Les modalités d'emploi sur le terrain, notamment pour les espèces invasives, pourraient être encadrées juridiquement quand nécessaire, conjointement dès maintenant. Une réflexion des ministères chargés de la santé, de l'environnement, de la recherche et de l'agriculture devrait rapidement débiter. A cette fin, la coordination sous l'égide des quatre ministères susmentionnés paraît impérative.

La mission estime souhaitable que le forçage génétique pour lutter contre les vecteurs fasse l'objet d'une évaluation européenne.

R5. Préciser, quand nécessaire, le cadre réglementaire entourant les nouvelles méthodes de lutte biologique, de TII et de TIS par ionisation, voire d'autres après une validation scientifique.

4.4. Point particulier sur les Culicoïdes et la prévention de leurs arboviroses

Comme précisé dans les parties précédentes, les spécificités biologiques des Culicoïdes : démographie, petite taille, nombre d'espèces compétentes tant pour propager la MHE et la FCO ainsi que d'autres viroses (Schmallenberg, Usuzu etc.), multiplicité des gîtes larvaires etc. rendent inopérantes de nombreuses mesures de prévention et réduisent fortement les perspectives d'évolution de la LAV à moyen terme. Toutefois, durant la période entre l'apparition des premiers foyers et une vaccination efficace, il convient de limiter au maximum la propagation de la maladie, pour limiter les pertes, tant par des mesures de biosécurité, de restriction de mouvements, d'interdiction ou de limitations de rassemblement d'animaux et de désinsectisations notamment pour les animaux transportés.

Ces actions sont d'autant plus efficaces qu'elles sont appliquées sur les premiers cas détectés dans l'UE, moins quand la maladie s'est propagée sur une grande superficie. Lors de la première épizootie en France continentale (sérotypage 8) démarrée à l'été 2006 a priori vers Maastricht, avec quelques cas détectés en 2006 dans les Ardennes (31/08), la Meuse et le Nord, seule la moitié nord (et pas en totalité) de la France connaissait des foyers, à la fin 2007. Toutefois, les vaccins disponibles, en stocks limités, au premier semestre 2008 ont d'abord été dirigés vers les zones déjà contaminées en 2007, ce qui n'a pas permis de protéger à temps les cheptels de la moitié sud et de l'ouest. Un tel ciblage, non technique, n'a pas été instauré en 2024, mais la vitesse de propagation ayant été

beaucoup plus rapide, la vaccination contre le sérotype 3 n'aura eu qu'une efficacité limitée et ce bien que le délai d'obtention d'un vaccin utilisable ait été fortement raccourci.

En 2006 et 2007, les restrictions des mouvements, des rassemblements d'animaux et des échanges avaient été particulièrement sévères, ce qui avait permis de procurer un délai de près de 20 mois avant la généralisation de l'épidémie à la moitié sud et à une partie de l'Ouest (dont la Bretagne) de la France. De telles dispositions ne bénéficient pas d'un avis favorable de certains professionnels.

Il est à noter que cette accélération de l'extension s'est également produite en Belgique, en Allemagne et dans d'autres Etats.

Ces mesures seraient encore plus efficaces, si une surveillance plus active était assurée aux Pays-Bas accompagnée immédiatement des restrictions de mouvements d'animaux et des autres mesures de biosécurité ou désinsectisation, car plusieurs des nouveaux sérotypes qui ont affecté les cheptels français et d'autres états européens depuis 18 ans y sont apparus. Les cheptels français sont actuellement sous la menace du sérotype 12 de la fièvre catarrhale qui commence à sévir aux Pays-Bas.

R6. Mettre en œuvre une surveillance et une lutte plus rigoureuses pour restreindre le plus possible la propagation d'une arbovirose animale jusqu'à l'immunisation vaccinale efficace des cheptels contre les maladies transmises par les Culicoïdes.

CONCLUSION

Les maladies à transmission vectorielle sont des fléaux en santé humaine (paludisme, fièvres jaune ou hémorragique Crimée Congo, dengue, Chikungunya, Zika, trypanosomiase, encéphalites à tiques, japonaise ou West-Nile etc.), en santé des végétaux (flavescence dorée de la vigne, xyllose des oliviers) comme en santé animale (babésioses, fièvre catarrhale des ruminants, MHE etc.). Dans les cheptels, outre les mortalités, elles engendrent des pertes économiques lourdes. Jusqu'aux années 1970 les cheptels européens n'étaient que très rarement concernés (babésioses exceptées), depuis quelques décennies différentes arboviroses se sont propagées d'abord en Europe du Sud, à partir de 2006 au Benelux, en France, en Allemagne et dorénavant dans toute l'Europe.

La lutte contre les vecteurs, les restrictions de mouvement et la biosécurité sont les seules mesures permettant de limiter leurs impacts, tant qu'une vaccination efficace à un coût idoine ne peut protéger les troupeaux. Or, le changement climatique et la multiplication des échanges ont favorisé l'implantation de nouveaux vecteurs et leur propagation. De plus, de nouveaux agents pathogènes pour lesquels il n'existe pas à ce jour de vaccin, comme le sérotype 12 de la fièvre catarrhale, menacent les cheptels.

Les entretiens avec les acteurs et les chercheurs ainsi que les parangonnages tant avec les Outre-mer qu'avec les états de l'Europe du sud, et selon une approche embrassant toutes les santés, ont montré la nécessité de connaissances scientifiques supplémentaires sur les différents vecteurs et les méthodes de lutte, en s'inscrivant dans une démarche « Une seule santé ».

Les possibilités de lutte chimique contre les vecteurs se réduisant, il importe de sécuriser le financement de la recherche et du déploiement d'alternatives incluant les luttes environnementales, biologiques ou celles compromettant leur reproduction, dont certaines, comme la TIS et la TII, sont déjà employées avec succès y compris en Europe. Toutefois pour les maladies transmises par les Culicoïdes, la mission ne voit pas d'alternative, à moyen terme, à une lutte chimique individuelle raisonnée. Celle-ci jusqu'à l'obtention d'une immunisation vaccinale efficace, constitue avec la restriction des mouvements d'animaux et des mesures de biosécurité limitées par les conditions d'élevage des ruminants, les seules actions disponibles pour limiter la propagation des épizooties actuelles.

Les stratégies de lutte anti-vectorielle combineront différentes méthodes (lutte intégrée) reposant sur la production de connaissances et adossées à une surveillance épidémiologique active des vecteurs pour une meilleure anticipation.

Une coordination sous l'égide des trois ministères chargés de la santé humaine, de la santé des animaux et des végétaux et de la santé environnementale ainsi que du ministère chargé de la recherche pour accroître la production et la diffusion de connaissances et pour encadrer l'emploi de nouvelles méthodes, devrait être définie. Le risque croissant de propagation de nouvelles maladies vectorielles impose cette mobilisation.

Signatures des auteurs

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de mission



Cabinet du ministre



Paris, le 26 FEV. 2024

Le Directeur de Cabinet du Ministre
de l'Agriculture et de la Souveraineté
alimentaire

à

Monsieur le Vice-Président du Conseil
Général de l'Alimentation, de l'Agriculture
et des Espaces Ruraux (CGAAER)

N/Réf : CI 851655

V/Réf :

Objet : Évolution de la Lutte Anti-Vectorielle (LAV) en santé animale.

PJ :

Si des maladies vectorielles sont présentes en métropole et dans les territoires ultramarins sous forme endémique depuis très longtemps, force est de constater l'apparition régulière en métropole de nouvelles maladies depuis une trentaine d'années, que ce soient par exemple celles dues aux différents sérotypes de Fièvre Catarrhale Ovine, ou plus récemment la Maladie Hémorragique Épizootique.

L'évolution de l'épidémiologie de ces maladies transmises par divers types d'arthropodes est à mettre en relation avec le développement des échanges et les changements climatiques. Dès 2005, l'Agence française de la sécurité sanitaire des aliments (aujourd'hui Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) en avait identifié six (dont quatre zoonotiques) à surveiller et pour lesquelles une anticipation des mesures de prévention et de lutte étaient nécessaires.

Les modalités de surveillance de ces maladies ont fait l'objet de progrès substantiels et des vaccins ont pu être développés pour certaines, même si un grand nombre n'en disposent pas.

Le domaine de la LAV qui reste alors le dernier rempart aux côtés des mesures de biosécurité, pour sa part, ne semble pas avoir connu les mêmes progrès dans le secteur animal, alors que de nouvelles modalités ont pu être mises en œuvre dans le secteur végétal. Des stratégies de LAV efficaces, adaptées aux contextes locaux, reposant sur une connaissance approfondie de l'écologie, y compris comportementale, et de la biologie des vecteurs restent souvent à développer.

La LAV en matière de santé animale paraît devoir faire aujourd'hui l'objet d'une évaluation au vu des pratiques dans le secteur humain et végétal, et peut-être des initiatives réussies dans d'autres pays européens. Aujourd'hui, si l'État a une pratique éprouvée de lutte sanitaire centrée sur le couple animal pathogène, il paraît souvent désarmé pour freiner l'extension d'une épizootie en agissant sur le couple vecteur pathogène.

.../...

78, rue de Varenne
75349 PARIS 07 SP
Tél : 01 49 55 49 55

C'est une thématique qui s'inscrit pleinement dans la dimension « One Health » tant les méthodes de lutte anti-vectorielle ont des impacts sur les santés humaine, animale et végétale mais aussi sur l'environnement et la biodiversité.

Je souhaite donc confier au CGAAER la réalisation d'une mission d'expertise et de conseil relative à la LAV appliquée à la santé animale en métropole et dans les territoires ultra-marins, dans le but d'enrichir les stratégies de réduction des impacts des maladies vectorielles qu'elles soient zoonotiques ou non.

La mission s'appuiera sur les travaux réalisés par les agences d'évaluation du risque et les laboratoires nationaux de référence, notamment dans les secteurs de la médecine humaine et de la santé des végétaux. Elle dressera l'inventaire de l'ensemble des modalités de LAV aujourd'hui mobilisées mais aussi celles qui pourraient être mobilisables. Elle identifiera les projets de recherche en cours et les axes de recherche supplémentaires à privilégier.

Un parangonnage sur le sujet sera réalisé avec des pays européens ayant des profils climatologiques et agricoles proches de celui de la France métropolitaine.

Dans une approche respectant les principes du « One Health », la mission identifiera les méthodes de lutte pouvant désormais être préconisées pour réduire, contenir, voire éliminer la pression vectorielle et, ce faisant, limiter la transmission des pathogènes. La mission précisera le rôle des acteurs impliqués dans les différentes stratégies de LAV notamment sur ce qui pourra relever de la responsabilité de l'État et des filières.

Elle se prononcera sur la place à accorder à la LAV dans les stratégies de lutte contre certaines maladies animales et sur l'évaluation de ces stratégies, notamment dans ses dimensions acceptation sociétale et économique.

Une note d'étape sur l'état des lieux de la LAV en France et en Europe pourrait être proposée avant l'été 2024, pour être exploitée au plus tôt, le rapport définitif étant attendu pour septembre.



Sylvain MAESTRACCI

Annexe 2 : Liste des personnes consultées

Noms	Structure	Fonction	Date
ALLIE Marie-Pierre	ARS Occitanie Direction de la santé	Médecin de santé publique	13/06/2024
ALOUT Haoues	CIRAD UMR ASTRE	Chargé de recherche INRAE	11/06/2024
ANDRAL Bruno	CGAAER	Membre retraité	12/03/2024
ANTRAS Valérie	Direction de la biosécurité de Polynésie française	Responsable SSA	08/10/2024
AUGEARD Bénédicte	OFB Recherche et appui scientifique	Directrice adjointe	16/07/2024
BALDET Thierry	CIRAD Réunion	Entomologiste	11/06/2024
BARRERE Dorian	TERRATIS	DG	12/06/2024
BAVILLE Marie	DGS Centre de crise sanitaire	Cheffe du CCS	03/07/2024
BOUHSIRA Emilie	ENVT	Maître de conférence VP Collège européen vétérinaire de parasitologie	10/06/2024
BOULANGER Nathalie	Université Strasbourg	Pharmacien Enseignante chercheuse parasitologie	02/10/2024
BOURGOUIN Bertrand	DRAAF-Occitanie/SRAL	SPV Spécialiste en arboriculture fruitière	08/11/2024
BOURTZIS Kostas	Joint FAO/IAEA Insect Pest Control Laboratory	Biologiste moléculaire	15/07/2024
BOUYER Jérémy	CIRAD Réunion UMR ASTRE	Directeur de recherche en écologie et contrôle des vecteurs	24/06/2024
BRIOUDES Aurélie	Direction de la Biosécurité de Polynésie française	Directrice adjointe	08/10/2024
CALISTRI Paolo	IZS Italie	Responsable du centre COVEPI	24/04/2024

CAMILLE Arnaud	DGS Centre de crise sanitaire	Entomologiste, Chef de pôle maladies vectorielles	03/07/2024
CARDINALE Eric	ANSES	Directeur scientifique pour le bien être et la santé animale	27/06/2024
CHANDRE Fabrice	IRD	Directeur de recherche, entomologiste médical	11/06/2024
CRESCI Marta	IZS Italie	Chercheur département d'épidémiologie et analyse des risques	24/04/2024
LECOLLINET Sylvie	CIRAD Guadeloupe UMR ASTRE	virologiste	11/09/2024
DESQUESNES Marc	CIRAD UMR Inter tryp - ENVT	Vétérinaire parasitologue	11/06/2024
DESVAUX Stéphanie	OFB Montfort BIRIEUX	Cheffe de projet surveillance des maladies réglementées	16/07/2024
DISABATINO Daria	IZS Italie	Vétérinaire épidémiologiste, analyste du risque	24/04/2024
DUPRAZ Marlène	CIRAD Réunion UMR ASTRE	Chercheuse acarologue	11/06/2024
ESNAULT Olivier	GDS de Polynésie française	Directeur	08/10/2024
ESTEVE- MOUSSION Isabelle	ARS Occitanie Direction de la santé Pôle santé environnement	Chargée de la coordination régionale en lutte anti-vectorielle	13/06/2024
ETORE Florence	ANSES Unité bien être et santé animale, nutrition et analyse du risque vectoriel	Chef d'unité	16/04/2024
ETTER Eric	CIRAD Guadeloupe UMR ASTRE	Vétérinaire épidémiologiste	11/09/2024
FITE Johanna	ANSES	Chargée de mission vecteurs	16/04/2024
FONTAINE Albin	IRBA	Responsable unité de parasitologie et entomologie	24/06/2024

FONTENILLE Didier	Ex-IRD UMR MIVEGEC (IRD– Univ Montpellier –CNRS - INRAE)	Membre du COVARS Ex directeur du CNEV	10/03 et 10- 11/06/2024
FOURES Franck	ANSES ANMV	Directeur	25/06/2024
GARROS Claire	CIRAD UMR ASTRE	Entomologiste, Coordinatrice Collectif vecteurs Montpellier	10- 11/06/2024
GOFFREDO Maria	IZS Italie	Responsable département santé animale	24/04/2024
HUBERT Karine	CIRAD INRAE UMR ASTRE	Directrice adjointe INRAE	10/06/2024
L'AMBERT Grégory	EID Occitanie Direction technique	Responsable de pôle lutte préventive moustique-tigre et santé publique	12/06/2024
LANGLETS Xavier	DGAL DRAAF Bretagne	Référent expert national biocontrôle et agriculture biologique	12/06/2014
LEFRANCOIS Thierry	CIRAD Direction générale	Conseiller DG Membre du COVARS	10/03 et 11/06/2024
LIENARD Emmanuel	ENVT Chaire de parasitologie	Maître de conférence en parasitologie	10/06/2024
MALLET Henri- Pierre	Agence de régulation de l'action sanitaire et sociale de Polynésie française	Responsable surveillance et observation de la santé - Surveillance Covid	08/10/2024
MAROIS Eric	Univ. Strasbourg institut de biologie moléculaire et cellulaire du CNRS	Chargé de recherche INERM	09/09/2024
MATHIEU Bruno	Univ Unité interaction vecteurs arthropodes/pathogènes	Entomologiste médicale	
MIGNOTTE Antoine	ALTOPICTUS	Responsable R&D	13/06/2024
MOKNI Walid	DGS Centre de crise sanitaire Unité Surveillance et anticipation des risques (USAR)	Chef de bureau analyse des risques	03/07/2024
OLIVA Clélia	TERRATIS	Présidente, entomologie	12/06/2024

PAGES MARTINEZ Nino	CIRAD Guadeloupe	Entomologiste, Responsable du CRVC	11/09/2024
PATY Marie Claire	SPF Direction des maladies infectieuses	Coordonnatrice de la surveillance des maladies vectorielles	02/07/2024
PERNIN Alexis	DGS Centre de crise sanitaire	Réglementation veille sanitaire	03/07/2024
PFISTER Vincent	DAAF Martinique	Directeur adjoint	11/09/2024
PIIVAI Noémie	Direction de la biosécurité de Polynésie française	Chargée SA	08/10/2024
PINGUET Olivier	DAAF Guadeloupe Service de l'alimentation	Responsable section hygiène alimentaire	11/09/2024
PLUMELLE Frédéric	FP Consulting	Consultant mouches des fruits	08/11/2024
POLLET Thomas	CIRAD INRAE UMR ASTRE	Chercheur en écologie microbienne des tiques	10/06/2024
PREVERT Laurie	DAAF Martinique	Santé animale	11/09/2024
QUAGLIA Michela	IZS Italie	Entomologiste médicale	24/04/2024
RAMOS AMADOR Maria Rita	Direction Générale de l'Alimentation et des sujets vétérinaires Unité Marchés & international Direction de la stratégie, de la communication et de l'internationalisation Portugal	Senior Technician/Veterinarian	
REMPOULAKIS Polychronis	AIEA	Responsable du laboratoire pour le contrôle des insectes	15/07/2024
ROMERO Luis J.	Ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Alimentation - Espagne	Sous-directeur santé animale	22/04/2024
RUETTE Sandrine	OFB	Cheffe de projet	16/07/2024
SAVINI Giovanni	IZS Italie	Responsable département de virologie	24/04/2024

SEBERT Laurie	DAAF Martinique Pôle Santé et Protection Animales et Végétales	Cheffe de pôle	11/09/2024
SOULE Karine	EID Méditerranée	Directrice technique	13/06/2024
SZYMANOWICZ Audrey	Direction de la santé, Polynésie française	Cadre référent centre de santé environnementale	08/10/2024
TILLARD Emmanuel	CIRAD Guyane UMR SELMET	Vétérinaire zootechnicien	04/10/2024
TISON Charles	ALTOPICTUS	Directeur	13/06/2024
TORRES Gregorio	OMSA Service scientifique	Chef de service	04/10/2024
VACHIERY Nathalie	CIRAD UMR ASTRE	Directrice	10- 11/06/2024
VAN CAM Ambre	Polynésie française centre de santé environnemental	Vétérinaire officiel	08/10/2024
VIAL Laurence	CIRAD UMR ASTRE	Vétérinaire acarologue	11/06/2024
VAZ Yolanda			
VION Bruno	DGS Centre de crise sanitaire Unité surveillance et anticipation des risques	Spécialistes arboviroses maladies émergentes, One Health	03/07/2024
ZAATIR Mehdi	CIRAD UMR ASTRE	Responsable métrologie & Responsable du Laboratoire P2	10/06/2024

Annexe 3 : Liste des sigles utilisés

AFSSA	Agence française de sécurité sanitaire des aliments
AIEA	Agence internationale pour l'énergie atomique
AMM	Autorisation de mise sur le marché
ANRS	Agence Nationale pour la Recherche
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire
AP	Arrêté préfectoral
ARD	Agence régionale de démoustication
ARS	Agence régionale de santé
ASTRE	Animal santé territoires risques écosystèmes
CCHF	Fièvre hémorragique de Crimée Congo
CGAAER	Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux
CNEV	Centre national d'expertise sur les vecteurs
CNR	Centre national de référence
CNR BEA	Centre national de référence pour le bien-être animal
COV	Composé organiques volatiles
COVARs	Comité de veille et d'anticipation des risques sanitaires
CRISPR/Cas9	<i>Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats</i> /enzyme Cas9
DDecPP	Direction départementale en charge de la protection des populations
DGAL	Direction générale de l'alimentation
DGS	Direction générale de la santé
DIGIMI	Diversité, génome et interactions microorganismes-insectes
DRAAF	Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt
EID	Entente interdépartementale de démoustication
FAO	Organisation pour l'agriculture et l'alimentation
FCO	Fièvre catarrhale ovine
FREDON	Fédérations régionales de lutte et de défense contre les organismes nuisibles
GIP	Groupement d'intérêt public
GIS	Groupement d'intérêt scientifique
GT	Groupe de travail

HCB	Haut conseil des biotechnologies
IC	Incompatibilité cytoplasmique
INRAE	Institut national pour la recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
INTER TRY	Interaction hôte-vecteur-parasite-environnement dans les maladies tropicales négligées dues aux Trypanosomatidae
IRD	Institut de recherche pour le développement
LAV	lutte anti-vectorielle
LFSS	Loi de financement de la sécurité sociale
LNR	Laboratoire national de référence
MASA	Ministère de l'agriculture de la souveraineté alimentaire
MHE	Maladie hémorragique épizootique
MIVEGEC	Maladies Infectieuses et Vecteurs : Écologie, Génétique, Évolution et Contrôle
OGM	Organisme génétiquement modifié
ONG	Organisation non gouvernementale
ORSEC	Organisation des secours
PACA	Provence alpes côte d'azur
PARSADA	Plan d'action stratégique pour l'anticipation du potentiel retrait européen des substances actives et le développement de techniques alternatives pour la protection des cultures
PHIM	Plant Health Institute de Montpellier
PIQ	Plateforme d'insectes de quarantaine
RCP	Résumé des caractéristiques du produit
RVF FVR	<i>Rift valley fever</i> fièvre de la vallée du Rift
SPF	Santé publique France
SRAL	Service régional de l'alimentation
TII	Technique de l'insecte incompatible
TIS	Technique de l'insecte stérile
UE	Union européenne
UMR	Unité mixte de recherche

Annexe 4 : Liste des textes de références

- Règlement 2016/429 du Parlement Européen et du Conseil du 9 mars 2016 relatif aux maladies animales transmissibles.
- Règlement (CE) n° 1107/2009 établissant les règles régissant l'autorisation de la vente, de l'utilisation et du contrôle des produits phytopharmaceutiques dans l'UE.
- Directive 2009/128/CE déclinant le Règlement 1107/2009 qui fixe les règles pour l'utilisation durable des pesticides*
- Directive 2001/18/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 mars 2001 relative à la dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés dans l'environnement
- Loi 64-1246 et ses modifications (2004-809, 2004-1343, 2013-403) relative à la lutte contre les moustiques
- Loi 2009-879 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires
- Code de la Santé Publique : article R.1313-1, R. 3114-9 à 12, L.3131-1 à 5.
- Arrêté du 22 juillet 2011 (modifié) fixant les mesures techniques et administratives relatives à la lutte contre la fièvre catarrhale du mouton sur le territoire métropolitain,
- Arrêté du 10 décembre 2008 (modifié) fixant les mesures financières relatives à la fièvre catarrhale du mouton.
- Arrêté du 21 mai 2024 fixant les mesures financières relatives à la maladie hémorragique épizootique,
- Arrêté du 25 octobre 2023 fixant des mesures de surveillance, de prévention et de lutte vis-à-vis de la maladie hémorragique épizootique et l'Instruction Technique (IT) 2023-724 prise en application.

Annexe 5 : Bibliographie

Entre autres documents :

- Avis de l'ANSES notamment 2016-SA-0057 et 2020-SA-0044
- Avis du COVARS 18 juin 2024 Surveillance des virus West-Nile et Usutu en France et prise en charge des infections à ces virus.
- Avis du Comité Scientifique du Haut Conseil des Biotechnologies concernant l'utilisation de moustiques génétiquement modifiés dans le cadre de la lutte antivectorielle. 31 mai 2017.
- Rapports publiés du CGAAER notamment : annexe 5 du rapport 22031 : produire de l'alternative en protection des cultures, 17p.
- CIRAD
- Fontenille Didier, Lagneau Christophe, Lecollinet Sylvie, Lefait-Robin Régine, Setbon Michel, Tirel Bernard, Yebakima André. La lutte antivectorielle en France. 2010. Collection Expertise collégiale. Editions IRD
- French Stephanie and al. Exploiting Venom Toxins in Paratransgenesis to prevent Mosquito-Borne Disease. 30/08/2024 doi :10.20944/preprints 202408.2262.v1
- Garos Claire, Bouyer Jérémy, Taken Willem, Smallgange Renate C. : Pets and vector-borne diseases in the livestock industry. 2018. Wageningen Academic Publishers ; Ecology and control of vector borne disease volume 5
- Holbrook F.R., Mullens B.A.: Effects of ivermectin on survival, fecundity, and egg fertility in *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae). NIH, National Library of Medicine, 1994;10(1):70-3.
- L'Ambert Grégory : Les pièges, auxiliaire pour la lutte contre *Aedes albopictus* ? Le projet Vectrap. Présentation de l'EID méditerranée lors de la Journée thématique ANSES, 25 avril 2024.
- Lagunes-Quintanilla R., Gómez-Romero N., Mendoza-Martínez N., Castro-Saines E., Galván-Arellano D. and Basurto-Alcantara F.J. : Perspectives on using integrated tick management to control *Rhipicephalus microplus* in a tropical region of Mexico. Front. Vet. Sci. 2024, 11:1497840, 8p.
- Madhav Mukdand and al. *Culex*-transmitted diseases : Mechanisms, Impact and Future Control Strategies using Wolbachia. 15/07/2022, Viruses 2024, 16, 1134, 24p.
- Marois Eric : contrôle génétique des moustiques : de la transgénèse conventionnelle au guidage génétique. 2024. INSERM, Université de Strasbourg.
- Meunier E : Le forçage génétique, un potentiel destructeur incontrôlable, site inf'OGM, 08/07/2024.
- Naciri Marwan : Wolbachia bacteria inhibits mosquito infection by various human pathogens. Med Sci (Paris) 2019 ; 35 : 584–585
- Pioz Maryline, Guis Hélène, Calavas Didier, Durand Benoît, Abrial David, Ducrot Christian: Estimating front-wave velocity of infectious diseases: a simple, efficient method applied to bluetongue. Vet Res. 2011 Apr 20;42(1):60
- Standfast H.A., Dyce A.L., Muller M.J. : Vectors of bluetongue virus in Australia. NIH, National Library of Medicine, 1985

- Villard Pierre, Bournez Laure, Baldet Thierry, Hénau Viviane : évaluation des coûts liés aux dispositifs de surveillance de la fièvre catarrhale ovine en France continentale suite à la résurgence de 2015, Bulletin Epidémiologique santé animale alimentation, 25p