

# Actes

Avril 2019



## Colloque La biodiversité : une alliée dans la prévention de certaines maladies infectieuses

**Avertissement : les citations de sociétés ou de marques commerciales dans ce compte-rendu ou les commentaires faits à leurs propos n'engagent pas la FRB**

La biodiversité et les écosystèmes peuvent-ils réguler certaines maladies infectieuses vectorielles et/ou zoonotiques ? Comment les intégrer aux stratégies de prévention sanitaire ? Quel dialogue entre les mondes de la recherche, de la santé, et de la protection ou de la gestion de la nature ?

Ces questions ont été abordées à l'occasion du colloque « La biodiversité : une alliée dans la prévention de certaines maladies infectieuses ? » où des interventions et des tables rondes ont rassemblés scientifiques, politiques de santé, et gestionnaires d'espaces naturels et de faune sauvage.

Ce colloque s'est appuyé sur les résultats de la revue systématique « Écosystèmes et maladies infectieuses », menée dans le cadre du 3<sup>e</sup> Plan national santé environnement, ainsi que sur des cas concrets.

# Sommaire

## Propos introductifs

<b>Hélène Soubelet – Directrice de la FRB</b> .....	3
<b>Christophe Aubel – Directeur général de l'AFB</b> .....	4
<b>Roger Genet – Directeur général de l'Anses</b> .....	5

## Conférence introductive

<b>Serge Morand (CNRS - Cirad)</b> <b>L'histoire de la thématique biodiversité / santé / <i>One Health</i></b> .....	6
---	---

## Santé / biodiversité : une politique intersectorielle en construction ?

<b>Amandine Gautier (ENSV)</b> .....	9
--------------------------------------	---

## Présentation de la revue systématique « Écosystèmes et maladies infectieuses »

<b>Léa Lugassy (FRB-AFB) – <i>What is the evidence that ecosystem components or functions have an impact on infectious disease?</i></b> .....	12
---	----

## Table ronde - Intégrer la biodiversité dans la stratégie de prévention de la maladie de Lyme : pourquoi, avec qui et comment ?

.....	15
-------	----

## Quels sont les mécanismes en jeu dans la transmission des maladies infec- tieuses dans les socio-écosystèmes ?

<b>Eve Miguel (IRD)</b> .....	17
-------------------------------	----

## Gestion des crises sanitaires liée à la biodiversité

<b>Olivier Mastain (Dreal Nouvelle Aquitaine)</b> .....	21
---	----

## Table ronde – Comment concilier gestion du risque à court terme et préservation des équilibres écosystémiques sur le long terme ?

.....	24
-------	----

## Conclusion du grand témoin, Bernard Chevassus-au-Louis

.....	30
-------	----

## Clôture

<b>Laurent Bergeot (Chef du service de la recherche, MTES)</b> .....	33
<b>Jérôme Salomon (Directeur général de la santé, MSS)</b> .....	34

---

## Propos introductifs

---

### Hélène Soubelet – Directrice de la FRB

L'évaluation de la plate-forme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) relative à la dégradation et la restauration des terres, publiée en 2018, met en évidence que moins de 25 % de la surface terrestre peut être considérée comme exempte d'impacts humains majeurs. Il n'en restera que 10 % en 2050, principalement dans des zones peu propices à l'implantation humaine (comme les déserts, les hautes montagnes, la toundra, les zones polaires).

La conséquence de cette emprise est à la fois une disparition massive des populations animales sauvages (le taux d'extinction des espèces est environ 100 à 1 000 fois supérieur au taux moyen mesuré au cours des temps géologiques) et un contact renforcé de l'homme avec la faune dont l'espace vital se réduit (Jones *et al.*, 2013).

Nous pouvons citer au titre des pressions majeures la déforestation, la conversion des terres pour l'agriculture et, à l'inverse la déprise agricole, les barrages et les grandes infrastructures qui constituent des barrières écologiques, les phénomènes de mondialisation des échanges et le changement climatique qui modifient les écosystèmes et les populations animales associées.

Les chercheurs attestent que cette pression anthropique est sans précédent sur les écosystèmes et qu'en contexte de changements environnementaux globaux, cette pression influence l'émergence et la transmission de la quasi-totalité des zoonoses, soit comme moteur principal soit comme facteur secondaire. Ils prédisent que les maladies zoonotiques continueront à émerger à l'avenir.

Les liens entre biodiversité et santé ont été clairement établis en ce qui concerne le rôle de la biodiversité en tant que vectrice de maladies, mais l'inverse reste peu étudié.

Depuis la première conférence internationale sur les liens entre santé et biodiversité en 2005, les données sur les effets positifs de la biodiversité sur la santé s'accumulent et sont portées à connaissance, notamment au sein de la Convention sur la diversité biologique et du Programme des Nations Unies pour l'environnement. En parallèle, et paradoxalement, l'initiative « One Health » qui affiche les trois piliers, humain, animal et environnement tarde à s'ouvrir aux questions environnementales.

Nous pouvons penser au rôle des arbres dans l'atténuation des îlots de chaleur urbains ou de la captation des particules fines, deux phénomènes impactant la santé humaine s'ils ne sont pas régulés.

Nous pouvons aussi évoquer les recherches récentes sur la diversité du microbiote intestinal et son lien avec des pathologies comme le diabète, l'obésité ou les maladies mentales.

Enfin, nous pouvons citer quelques exemples emblématiques, tel que l'effondrement des populations de vautours en Inde dans les années 1990 qui a été responsable d'une crise sanitaire majeure avec une augmentation de l'insalubrité et une augmentation des cas de rage humaine car les chiens errants qui ont remplacé les vautours sont à la fois moins efficaces pour débarrasser l'environnement des cadavres et surtout, ils sont sensibles à la rage, alors que les vautours sont un cul-de sac épidémiologique (pas de transmission du virus à l'homme).

La difficulté de ce sujet, qui constitue un front de science, est que les cycles naturels de vie des organismes infectieux sont difficiles à prévoir en raison de la multiplicité des hôtes potentiels, des réservoirs environnementaux et des interactions entre espèces et communautés au sein des écosystèmes.

Nous avons donc besoin de la science pour créer et diffuser de nouvelles connaissances robustes et généralisables.

C'est en ce sens que les rédacteurs du Plan national santé environnement 3 (PNSE3) en 2015 ont introduit, pour la première fois, l'exploration de ce changement de paradigme dans la relation biodiversité et santé au travers de trois actions :

1. Coordonner et structurer la recherche en s'appuyant sur l'initiative française pour la recherche en environnement (IFRES) ;

2. Réaliser une expertise collective sur les effets bénéfiques de la biodiversité pour la prévention et la lutte contre les maladies ;
3. Réaliser une expertise collective sur les effets positifs des espaces verts et des espaces de nature urbains sur la santé.

Thierry Gallibert et moi, en tant que co-présidents du groupe santé-biodiversité du PNSE3, avons été chargés de piloter et suivre les deux dernières actions que je viens de citer. C'est l'aboutissement de la seconde action qui nous réunit aujourd'hui.

Je souhaite donc que ce colloque, et les échanges qui en émergeront, nous permettent de mettre en œuvre une partie de l'objectif du PNSE3 qui était de « faire un bilan des connaissances et d'en décliner, à l'échelle française, les pistes les plus prometteuses en matière d'utilisation de la biodiversité dans la prévention et la lutte contre les maladies. »

Ce colloque constitue un pas de plus vers une vision plus holistique et plus écosystémique du lien entre biodiversité et santé.

### **Christophe Aubel – Directeur général de l'AFB**

Avant tout je souhaite remercier, l'ensemble des personnes sans qui cet événement n'aurait pas lieu, les organisateurs et notamment le Ministère des solidarités et de la santé qui a souhaité accueillir ce colloque dans ses locaux. Je vous remercie également tous de votre présence, vous qui venez y assister mais aussi bien sûr les intervenants.

Je suis particulièrement heureux d'être présent ici car ce sujet, le lien entre la biodiversité et la santé humaine est un sujet qui me tient particulièrement à cœur, en tant que directeur général de l'AFB bien entendu. L'AFB a été créée pour contribuer à faire émerger les enjeux liés à la biodiversité, dès lors la question des liens santé et biodiversité s'impose, mais ma satisfaction est aussi plus personnelle. Dans une vie antérieure, j'ai en effet beaucoup œuvré au travers de mon engagement associatif à mettre en lumière cette thématique auprès des pouvoirs publics ; nous étions notamment initiateur d'un premier colloque sur le sujet en 2011, et d'un second en 2014 avec Vetagrosup à Lyon.

Depuis, pour ce qui est des maladies infectieuses, le sujet qui nous réunit ici, nous avons subi un certain nombre de crises comme celle de la Brucellose avec les bouquetins du Bargy, nous voyons émerger ou ré-émerger des maladies infectieuses comme le chikungunya, le zika ou la bilharziose dans certaines parties de notre territoire.

Nous savons que 60 à 80 % de ces maladies infectieuses sont des zoonoses, d'origine animale avec une majorité d'entre elles provenant de la faune sauvage. Et avec l'ensemble des changements que nous vivons aujourd'hui, l'effondrement de la biodiversité, la mondialisation des échanges, l'artificialisation des terres et le changement climatique, il est à craindre que l'augmentation du nombre d'épidémies dues à ces maladies, déjà constatée, s'accroisse. Il est donc essentiel que nous, l'ensemble des acteurs concernés, la société en fait, prenions le sujet à bras le corps !

D'une part parce que ces crises, il faut apprendre à mieux les gérer mais aussi voir comment les éviter et au-delà comprendre comment la biodiversité peut également être un levier de notre bonne santé, même si dans certaines conditions elle peut apparaître encore aujourd'hui, et malheureusement, comme la source de problèmes.

Durant les 10 dernières années, des progrès ont été faits, en intégrant notamment la faune sauvage dans les politiques de surveillance épidémiologique : les animaux sauvages sont en effet des bonnes sentinelles vis-à-vis des maladies infectieuses, aussi bien pour l'homme que pour les animaux domestiques.

Mais, aujourd'hui, il est nécessaire d'aller plus loin et d'explorer ensemble, avec les scientifiques, les gestionnaires et les acteurs des politiques publiques concernées comment passer à une vision réellement systémique, encore plus globale, dans l'esprit « One Health ». Et ainsi examiner si et de quelle manière la biodiversité, et notam-

ment les équilibres entre espèces au sein des écosystèmes, peuvent nous protéger des maladies infectieuses. De la même manière que l'agroécologie se développe en s'inspirant des processus écologiques structurant les écosystèmes, il est indispensable que la lutte contre les maladies infectieuses s'en inspire également. Encore faut-il disposer des connaissances nécessaires.

Le Plan national santé environnement 3 (PNSE3), nous a donné l'occasion d'explorer cette connaissance ; c'est effectivement dans ce cadre que nous avons, avec la FRB, réalisé une revue de la littérature scientifique, pour répondre à cette question.

Les résultats de cette revue vous seront présentés au cours de cette journée et seront ensuite mis en débat aux travers de deux tables rondes. Il s'agira d'imaginer de quelle manière cette nouvelle vision de la biodiversité, ce « tissu vivant » protecteur, pour reprendre une définition de Robert Barbault, peut changer nos pratiques. Ces débats viendront alimenter la préparation du PNSE4.

Mais au-delà du futur plan, ce colloque correspond pour moi à un jalon important dans la construction d'une politique publique véritablement intersectorielle, à l'interface des deux mondes, celui de la santé et celui de la biodiversité, voire des trois mondes si l'on ajoute l'agriculture présente dans les débats.

C'est pour cette raison que j'ai souhaité, avec l'ensemble des organisateurs, vous proposer un moment de recul, de réflexion – au sens propre – sur cette interface en construction, grâce à un regard original, celui des sociologues : comment les acteurs de cette politique, vous et nous, envisageons-nous cette interface aujourd'hui ? Nous aurons des réponses dans la matinée ! Mais que ce colloque se déroule au ministère qui a la charge notre santé en est déjà une, qui témoigne de la dynamique en cours. Je m'en félicite et l'AFB, demain l'OFB, s'engagera pour faire fructifier cela.

### **Roger Genet – Directeur général de l'Anses**

Ce colloque est une première auquel l'Anses s'associe et je tiens à remercier la FRB et l'AFB de nous avoir proposé de nous joindre à vous. C'est extrêmement important car le message essentiel de l'Anses est : « on a besoin de vous ».

Le panorama a été parfaitement dressé précédemment, rappelant à la fois le contexte scientifique et le contexte sociétal ainsi que les liens entre santé et biodiversité.

L'Anses est une agence d'expertise scientifique qui a pour mission de mener des expertises collectives dans l'ensemble du champ de la santé, de faire le lien entre la santé et l'alimentation, le travail et l'environnement, mais également entre les différentes santés : animale, végétale et humaine. Notre action s'inscrit dans le concept « One Health » qui nous rassemble ici. Nous avons tous l'intuition aujourd'hui, et qui est authentifié scientifiquement, que la santé de tous dépend de la qualité de l'environnement, mais qu'il s'agit également d'une question éminemment complexe et multifactorielle.

Le large champ de compétences de l'Anses, la rattachant à cinq ministères de tutelle, nous permet d'avoir une vision intégrative pour réaliser nos travaux.

Les trois grands piliers de nos activités sont d'une part des activités de recherche et de production de connaissance notamment en matière de santé animale et de santé des végétaux, nous avons pour cela besoin des interactions avec la communauté scientifique. Il est vrai qu'aujourd'hui, dans le cadre de nos travaux en santé animale, on voit essentiellement la biodiversité sous l'angle de réservoir de maladies.

D'autre part, l'Anses a une activité d'expertise sur l'ensemble du champ sanitaire, nous amenant ainsi à être saisis d'une question sur le lien entre antibiorésistance et environnement, à nous interroger sur l'efficacité de la lutte antivectorielle, mais aussi à nous questionner sur le rôle de la biodiversité et son impact en matière de santé animale, humaine et de santé des végétaux.

Enfin, l'Anses a une mission de délivrance d'autorisations de mise sur le marché pour des produits qui impactent l'environnement et la biodiversité, tels que les produits vétérinaires, les produits phytosanitaires et les produits biocides.

L'enjeu majeur est de prendre en compte ces multiples facteurs et de comprendre comment la biodiversité est essentielle pour maintenir les équilibres.

Nous sommes très intéressés par les travaux menés ici et par votre expertise, pouvant nous aider à mener les nôtres.

---

## Conférence introductive

---

**Serge Morand (CNRS - Cirad)**

**L'histoire de la thématique biodiversité / santé / One Health**

### Une histoire de cochons de chauve-souris et d'humains

La déforestation, générée par l'exploitation de l'huile de palme et les feux de forêt dus au phénomène *El Niño*, a provoqué en 1998 le déplacement de populations de chauves-souris qui vivaient à Bornéo, vers d'autres territoires de la péninsule malaise. Leur contact avec des élevages de cochons situés dans des vergers fruitiers a provoqué le passage du virus Nipah, dont elles sont le réservoir, vers les cochons puis vers les hommes. Chez ces derniers, le virus est responsable d'une encéphalite sévère. La crise sanitaire s'est soldée par le décès de 105 personnes sur 265 infectés et plus d'un million de cochons ont été abattus pour stopper la transmission du virus. La réponse a été résolument biosanitaire avec maintenant 100 % des porcs contrôlés avant l'entrée sur le marché singapourien. La crise sanitaire a engendré une restructuration de l'élevage et du marché régionale de viandes porcines.

Cet exemple permet de différencier trois éléments importants d'une socio-écologie de la santé : le biologique, c.à.d. les capacités d'un virus de chauve-souris à infecter d'autres hôtes ; l'écologie de la transmission, c.à.d. le contexte socio-écologique mettant en contact un virus et des hôtes, qui est ici la globalisation de l'huile de palme et de la production porcine ; la crise sanitaire, c.à.d. la réponse politique et ses conséquences sur la gestion des risques et des crises.

Dès 1938, la science coloniale avait intégré le concept de gestion environnementale intégrée de la santé avec des diagrammes systémiques, prenant en compte la santé publique, la médecine, l'anthropologie, la faune sauvage, la science du sol, l'agriculture, la foresterie, la zoologie, comme le montre l'expertise anglaise « Sciences for Africa ». Mais, on peut remonter plus avant. Déjà en 1859, Thomas Logan, médecin de la nouvelle frontière californienne écrivait : « la meilleure façon de connaître les maladies est d'étudier leur relation avec le climat, la faune, la géologie dominante, l'eau, etc. ».

En 1968, les recherches sur l'écologie et les maladies humaines en lien avec les changements environnementaux sont remises à l'honneur par l'Unesco qui préconisait de continuer à intensifier les recherches en ce domaine dans le rapport « Research on Human Ecology ».

L'approche « One Health » (débutée il y a plus de 10 ans) et sa variante « Ecohealth » semblent redécouvrir toutes ces logiques et concepts, mais dans le cadre d'une gouvernance qui s'est complexifiée (OMS, FAO, OIE, IPBES, CDB, Future Earth, etc.).

L'approche « One Health » à l'origine tripartite (FAO, OMS, OIE) reconnaît l'importance des connexions entre animaux, humains et environnement pour la santé mais reste axée sur la prévention des dangers de santé et le développement de mécanismes de coordination pour réaliser une surveillance multisectorielle. Le dernier rapport de ces trois organisations sur les maladies zoonotiques aborde essentiellement trois aspects : la surveillance, la coordination et les réponses. L'écologie de la santé et de la transmission comme la prévention sont les grands absents.

### Une épidémie d'épidémies

Nous assistons à une augmentation des épidémies qui concernent aussi bien les maladies des plantes que celles des animaux (rapport FAO). Même en tenant compte des

progrès dans la détection et la caractérisation des agents infectieux et parasitaires, la tendance à l'augmentation des épidémies d'agents connus nouvellement est bien réelle. Un changement dans l'épidémiologie mondiale des épidémies s'est produit dans les années 1980, en parallèle des déréglementations et de la globalisation des services et des transports suite aux élections de Ronald Reagan et de Margaret Thatcher. Une analyse par réseau montre que les épidémies sont de moins en moins cantonnées aux échelles nationales ou régionales mais présentent de plus en plus un caractère global. On assiste à une pandémie généralisée des maladies infectieuses. Maintenant, une épidémie démarrant dans le fin fond d'un quelconque pays de la planète a une forte chance de s'étendre à l'ensemble des grandes métropoles mondiales. Mais, même si le nombre d'épidémies augmente, leur incidence diminue, grâce à l'efficacité des systèmes de santé publique, notamment dans les pays développés et émergents. Par contre, toute dérégulation ou fragilisation de ces systèmes de santé publique et de santé animale est une aubaine pour les risques pandémiques.

### **Pourquoi la biodiversité est-elle importante ?**

L'origine des agents infectieux est souvent à rechercher dans les lieux où il y a une grande biodiversité. Ainsi, on observe à l'échelle mondiale une bonne corrélation entre le nombre de maladies infectieuses décrites dans un pays et le nombre d'espèces de vertébrés qui y sont recensées. La biodiversité est donc bien aussi une affaire de diversité de pathogènes. Une fausse idée serait de considérer que la biodiversité est donc une source de danger car elle contient la diversité des pathogènes et de leurs réservoirs. Mais, considérons non la présence d'un pathogène mais l'épidémie de la maladie infectieuse qu'il occasionne, c.à.d. intéressons-nous aux conditions particulières favorisant la transmission et pouvant conduire à la crise sanitaire. Dans ce cas, on observe une bonne corrélation entre le nombre d'épidémies déclarées par pays et le nombre d'espèces de mammifères et d'oiseaux répertoriées en danger par pays. Tout se passe comme si la crise de la biodiversité s'accompagnait de crises épidémiques. Une observation similaire concerne l'importance de la diversité génétique hôte dans l'ampleur des épisodes épidémiques. Une baisse de la diversité génétique des hôtes s'accompagne souvent d'une baisse de la diversité de leurs pathogènes mais d'une augmentation en fréquence et en ampleur des épidémies. Tout se passe comme si les systèmes biologiques, écosystèmes, communautés ou populations, perdent leurs propriétés de régulation de leurs pathogènes quand ils perdent en diversité, spécifique ou génétique.

Les mécanismes écologiques sont encore loin d'être connus. La tendance à favoriser les recherches aux échelles globales, théoriques et les travaux de synthèse au détriment du travail de terrain n'aide pas à comprendre les mécanismes complexes de la régulation des épidémies. Un consensus qui semble émerger est que la baisse de biodiversité s'accompagne d'une baisse de la diversité des pathogènes mais avec une augmentation de la prévalence des pathogènes restants, donnant le modèle de « dilution » des pathogènes avec l'augmentation de la biodiversité. Afin de mieux comprendre les mécanismes, il convient de se tourner vers l'écologie et l'épidémiologie végétale. Une étude récente à l'échelle des forêts étasuniennes a pu montrer que la diversité régulate les pathogènes des arbres : en étudiant 130 000 parcelles forestières, les auteurs montrent que la diversité des organismes nuisibles aux arbres diminue à partir d'une certaine diversité en arbres. On observe une amplification apparente des pathogènes pour des faibles diversités en espèces d'arbres suivie d'une dilution apparente de ces pathogènes pour des fortes diversités. De telles observations ne peuvent que stimuler des recherches similaires et complémentaires sur les maladies infectieuses liées à la faune sauvage.

Une toute approche est celle de la social-écologie qui vise à étudier les relations entre le métabolisme écologique et le métabolisme social, une sorte d'étude de coviabilité entre sociétés et écologie. Cette approche s'appuie sur la théorie écologique et notamment sur la relation entre la productivité biologique primaire nette d'un écosystème et sa diversité en espèces. Ainsi, plus la productivité biologique primaire nette augmente plus cet écosystème est riche en espèces. Toute réduction, ou appropriation, de la pro-

ductivité biologique primaire nette d'un écosystème se traduit automatiquement par une perte d'espèces.

Un phénomène actuellement inquiétant par son ampleur est l'augmentation de l'appropriation par les hommes de cette productivité primaire biologique du fait de la transformation des sols et des besoins énergétiques divers dont l'alimentation des animaux d'élevage. L'augmentation de l'appropriation humaine de la productivité primaire nette par ses pressions sur les écosystèmes et paysages se traduit par une réponse directe de perte de biodiversité, qui peut s'apprécier par le nombre d'espèces d'oiseaux et de mammifères en danger selon la liste rouge de l'IUCN. Cette augmentation de l'appropriation humaine de la productivité biologique primaire nette se traduit également par une baisse des services écosystémiques, dont les services de régulation des maladies infectieuses. Ainsi, plus cette appropriation augmente et plus le nombre d'épidémies de maladies infectieuses zoonotiques augmente. Tout suggère encore une fois que la baisse de biodiversité, du fait de l'appropriation de l'énergie nécessaire au fonctionnement des écosystèmes, entraîne une augmentation des épidémies, du fait des pertes des services écosystémiques de régulation. La transformation des écosystèmes en faveur d'une agriculture et de systèmes d'élevage industriels, productivistes et extractivistes, ne peut que mécaniquement diminuer la biodiversité et augmenter les crises sanitaires.

### Un monde de vaches

Sur une planète dominée par l'agriculture et l'élevage industriel, la biomasse du bétail et autres animaux domestiques devient inquiétante : la biomasse des vaches excède celle de tous les humains. Le corollaire est une pollution fécale très importante de certains milieux. Les deux espèces cumulées produisent 26 milliards de tonnes d'excréments par an, dont 14% pour les humains. Nous avons donc face à nous « une planète dans la bouse ».

Ces excréments contiennent des parasites, ce sont ainsi 320 millions de trillions d'oocytes de *Cryptosporidium* (un parasite agent de diarrhées) par an qui se retrouvent dans les sols chaque année. Ces excréments contiennent également toute une panoplie de biocides, antibiotiques et autres produits pharmaceutiques, qui modifient les équilibres et la diversité bactérienne.

Les pollutions générées par l'agriculture industrielle, notamment de l'air et de l'eau sont majeures, entraînant des événements connus sous le nom de zones mortes des eaux continentales et côtières prenant de plus en plus d'ampleur.

L'élevage industriel participe de l'érosion massive de la diversité des races animales adaptées aux terroirs locaux. L'élevage industriel détruit la relation affective que l'éleveur entretenait avec l'animal dans l'élevage traditionnel.

Une des solutions pour une agriculture plus soutenable est la réduction massive de la consommation de viande favorisant la qualité et moins la quantité : cela ne peut pas être une démarche uniquement individuelle, mais une démarche collective soutenue par des politiques favorisant le local et non le global et la libéralisation des échanges agricoles. La libéralisation des échanges détruit les terroirs sur l'ensemble de la planète, freine le développement des agricultures dans les pays économiquement et politiquement faibles, tout en menaçant notre sécurité écologique et sanitaire. La politique agricole commune – la PAC – doit évoluer.

Anticiper le futur nécessite de prendre en compte les fondamentaux de l'élevage industriel : plus d'espaces convertis pour produire de la nourriture animale avec plus d'intrants, de pesticides et d'herbicides, plus d'antibiotiques et de biocides pour des animaux de plus en plus nombreux dans des unités confinées de production massive, plus de crises sanitaires, moins de biodiversité, moins de races animales et végétales domestiquées, plus d'échanges qui favorisent la transmission des pathogènes (comme les nouvelles routes de la soie qui vont favoriser la circulation des pathogènes entre Asie, Europe et Afrique), plus de pouvoir économique et politique donné aux grandes compagnies de l'alimentation et du commerce international ainsi que les institutions bancaires qui les financent.

Il faut anticiper et passer à l'action et non uniquement se préparer au pire (surveiller et répondre). C'est le sens de l'appel sur la santé et les limites de la planète lancé il y a deux ans par le journal Lancet et la Fondation Rockefeller. Cet appel engage à redéfinir les critères de la prospérité qui devraient être principalement basés sur la qualité de vie et non sur la seule valeur monétaire. Cet appel souligne, et c'est le message essentiel, que le système actuel de gouvernance et d'organisation de la connaissance est inadéquat pour lutter contre les épidémies et les crises en lien avec les dérèglements globaux affectant la planète. Il faut agir pour éviter l'apparition du pire et non se préparer à l'avènement du pire. Finalement, sa lecture questionne la volonté idéologique et marchande de domestication complète de la terre et de ses habitants humains et non-humains.

---

## **Santé / biodiversité : une politique intersectorielle en construction ?**

---

### **Amandine Gautier (ENSV)**

*Le film « Biodiversité/Santé, quels besoins des acteurs.rice.s ? » projeté en début d'intervention est disponible en ligne à l'adresse suivante :*

<https://www.youtube.com/watch?v=XzgpSTTyOFw&feature=youtu.be>

### **« One Health » au prisme des sciences sociales**

Afin de comprendre les relations entre la biodiversité et la santé en termes de jeux d'acteurs, 150 entretiens semi-directifs ont été menés sur les territoires ainsi qu'un regard réflexif sur les données de la littérature scientifique avec trois entrées : santé humaine, écologie, agriculture.

Les résultats présentés correspondent à la recherche conduite à VetAgro Sup, à l'École nationale des services vétérinaires (ENSV) avec Sébastien Gardon, docteur en science politique, co-pilote de l'enquête, et à VetAgro Sup en général, avec Christophe Déprés, co-pilote sur le site clermontois et maître de conférences en économie.

Quand on parle des liens santé-biodiversité, un chiffre est souvent cité : 60 % des maladies infectieuses sont des zoonoses et donc issues de la biodiversité. Ce chiffre a connu un succès important dans un contexte où les liens entre santé et biodiversité deviennent de plus en plus flagrants. Au sociologue de comprendre l'émergence de ces données scientifiques et les conditions de leur succès. Un succès considérable pour un chiffre qui s'inscrit parfaitement dans un changement de paradigme : la défense de la biodiversité, en tant qu'elle est non seulement un indicateur de naturalité des espaces mais aussi qu'elle est utile à la protection de notre santé. Ces problématisations, ces conceptualisations nous renseignent sur les logiques cognitives et politiques à l'œuvre.

Afin de rendre compte de cette recherche en sciences sociales, la notion de *nexus* peut être utilement mobilisée pour comprendre comment la santé et la biodiversité ont été articulées ensemble et quelles conséquences cette mise en lien, ce nœud, peut-il avoir en termes de gouvernance.

Depuis les préoccupations premières de conservation des milieux naturels et des espaces sauvages, le champ de la biodiversité n'a cessé de s'étendre par l'annexion de domaines d'actions publics variés. Le champ de la biodiversité s'élargit à la valorisation économique, la biosécurité, la propriété intellectuelle sur le vivant, la santé publique<sup>1</sup>, etc. Supplantant une approche essentiellement économique – avec les fameux services écosystémiques –, des liens entre la biodiversité et la santé sont progressivement tissés et mis en avant. Les études scientifiques sont encouragées, tel que l'illustre la création en 2012 d'une plateforme intergouvernementale scientifique et politique - IPBES, sur la demande de la COP10. Mais la mise en lien de ces deux notions, la biodiversité

d'une part, et la santé d'autre part, apparaît complexe. Elle recouvre des notions et des concepts larges, difficiles à circonscrire.

### **Santé-Biodiversité : une occasion de concrétiser le mot d'ordre *One Health***

Une revue narrative de la littérature (221 articles et ouvrages retenus) a été réalisée afin de comprendre d'où vient le sujet, comment il a émergé dans le champ scientifique, dans le champ politique, quelles traductions de l'un vers l'autre, réciproquement, par quels acteurs.

L'histoire commence avec la littérature scientifique américaine, des papiers d'écologues et de vétérinaires surtout, et parallèlement, aux jalons posés au niveau international. Les deux semblent en fait fortement convergents.

Historiquement, peu de liens ont été noués entre les conservationnistes et la communauté biomédicale. De même, peu de politiques publiques sont dédiées au nexus (i.e. la connexion) Santé/Biodiversité. Mais le questionnement chez les scientifiques est relativement ancien (depuis les années 1990) et parallèle aux déclarations internationales : Convention de Ramsar (1975), discours du directeur de l'OMS (1995). Du côté de l'écologie, un groupe identifié de chercheurs étasuniens ont en effet travaillé à la mise en lien entre les deux concepts : on peut citer l'ouvrage « Biodiversity and Human Health » (1997) montrant que les pertes en biodiversité menacent la qualité alimentaire et la qualité de l'eau, la publication « Changes in biodiversity and consequences for human health » montrant que cinq services écosystémiques - nourriture, eau, prévention des maladies, ressources médicale et génétique, santé mentale - dépendent de la biodiversité. En résumé, la problématisation est faite autour des conséquences sur la santé humaine des pertes en biodiversité.

Il est à noter que certains des auteurs concernés occupent également des positions institutionnelles privilégiées, tels que Peter Daszak, aujourd'hui président de *Ecohealth Alliance*. L'organisation non gouvernementale, basée aux États-Unis, conduit des recherches et participe au rayonnement des programmes sur *Global Health*. Beaucoup plus récemment, et aussi de manière très isolée, du côté de la santé humaine, l'éditorial « Why medical community should take biodiversity loss seriously ? » (2016) rejoint la problématisation du premier groupe d'écologues.

Un certain rapprochement entre le monde des écologues et celui de la santé s'opère sur le terrain, comme l'atteste d'ailleurs l'émergence de nouveaux courants : l'éco-épidémiologie et l'écologie de la santé par exemple.

En France, un certain nombre d'acteurs portent la thématique : AFB / ONCFS / pôle EVAAS / Humanité et biodiversité / VetAgro Sup. Des liens sont certes tissés, parfois mis en avant, mais systématiquement, ce sont les fondements scientifiques qui sont interrogés et qui participent largement à fonder le nexus.

Cette étude a permis de discuter les idées reçues, la complexité des relations causales entre la santé et la biodiversité en observant comment la nécessaire simplification du nexus biodiversité et santé était gérée par les acteurs.

### **Faune sauvage et maladies infectieuses : la controverse de la dilution au cœur du nexus Santé-Biodiversité**

Les contributions de la biodiversité à la santé (animale, humaine, publique) sont notamment analysées dans la littérature au travers des impacts de la perte en biodiversité sur la santé, via les maladies vectorielles/infectieuses. Le thème de la faune sauvage et des maladies infectieuses (incluant les maladies vectorielles) est de loin la principale thématique abordée et qui participe à construire ce nexus santé-biodiversité.

La question posée par le thème du colloque est de savoir si la faune sauvage peut, dans certains cas, représenter un frein à la transmission des maladies à l'homme. La question de la dilution est en fait centrale dans la construction du nexus comme en témoigne

la littérature scientifique mais également les discours ; la controverse témoigne de la façon dont la tentative de mise en lien entre santé et biodiversité est fragilisée par la recherche de la preuve scientifique randomisée dans des écosystèmes complexes. Un certain nombre d'acteur.rice.s au cœur du réseau de portage initial du nexus au niveau français se rejoignent autour de la crainte du recours à la science par l'utilisation d'arguments simplifiés. Si les données scientifiques convergent plus ou moins, c'est l'utilisation des données qui est source de dissension.

Le problème de la recherche de la preuve randomisée s'observe également à travers le traitement d'expérimentations locales et leur prise en compte. Parfois cela marche, mais en l'absence d'un protocole valide, de l'établissement d'une vraie démonstration, difficile de retenir ces expériences concrètes. Alors qu'un des atouts des problématiques environnementales est justement la présence des sciences participatives, on peut observer la difficulté de leur trouver une place.

### **Des compromis entre plusieurs impératifs d'action publique**

Les tentatives récentes de l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) et d'autres pour hybrider les enjeux de biodiversité et de santé interrogent le politiste : quel serait le statut d'une telle interface dans les politiques publiques ? Penser les interactions et interdépendances entre biodiversité et santé contribue-t-il à renforcer la saillance et la légitimité de ces deux impératifs d'action publique ?

En premier lieu, l'impératif de décloisonnement trans-sectoriel entre politiques de biodiversité, santé et agriculture suppose d'instaurer et renforcer des échanges et dispositifs communs entre administrations centrales et locales, notamment un rapprochement entre les directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) et les agences régionales de santé (ARS) à l'instar de ce que proposent déjà les contrats locaux de santé portés conjointement par l'ARS et telle ou telle collectivité territoriale.

Comme pour toute construction d'un enjeu déssectorisé, il s'agit aussi de mutualiser des connaissances et de promouvoir éventuellement de nouveaux métiers.

Cependant, certaines difficultés de traduction sont rencontrées. Des situations concrètes de progression de la nature dans une métropole sont analysées, posant la question de ses régulations mais aussi des représentations et des définitions de la biodiversité.

Des arrangements sont réalisés puisque des accords locaux sur une transaction sont effectués. Mais les acteurs restent « dans leur monde ». L'on a rencontré des vétérinaires, des biologistes, écologues la plupart du temps, des agronomes, des urbanistes, des paysagistes, des médecins.

Les territoires professionnels des uns et des autres tendent à se confondre, leurs savoirs tendent à s'hybrider, tandis que les uns et les autres luttent pour faire exister leurs positions.

Si le « nexus » santé-biodiversité ne correspond pas à une politique publique au sens strict, un savoir commun se construit, entre science impliquée ou engagée, intuition des acteurs et savoirs profanes. Dépassant le clivage, certains acteurs revendiquent ne pas avoir systématiquement besoin de la science pour agir. C'est aussi le cas de l'action publique qui ne doit pas nécessairement attendre d'avoir des preuves scientifiques pour mettre en œuvre des actions.

Un bon exemple de cette ambivalence entre acteur.rice.s engagé.e.s et politiques publiques cloisonnées est celui de l'agriculture. Alors qu'avec la crise des pesticides, le monde agricole est très préoccupé et au cœur de cette problématique, les politiques européennes continuent à pousser vers une agriculture industrielle impactante pour la biodiversité et la santé.

---

## Présentation de la revue systématique « Écosystèmes et maladies infectieuses »

---

### **Léa Lugassy (FRB-AFB) – *What is the evidence that ecosystem components or functions have an impact on infectious disease?***

Le protocole de la revue a été publié le 11 janvier 2019 :

<https://environmentalevidencejournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13750-019-0147-5>

Toutes les déviations au protocole seront indiquées dans la revue finale.

Une revue systématique est une analyse critique des articles en fonction de la question posée : par exemple, l'article est-il fiable ? Les résultats sont-ils robustes ?

14 maladies ont été étudiées pendant l'année qu'a duré la revue systématique : paludisme, dengue, Zika, chikungunya, virus du Nil occidental, Lyme, leishmaniose, bilharziose, échinococcose, cryptosporidiose, leptospirose, brucellose bovine, tuberculose bovine, grippe aviaire.

Mais les résultats scientifiques n'ont pu être exploités que sur certaines d'entre elles, en raison de la faible production scientifique sur le sujet.

Sur les 12 627 articles sélectionnés en première intention, 210 ont été retenus pour la cartographie systématique et 114 ont fait l'objet de la revue systématique. Les articles uniques sur leur sujet, et donc incomparables avec d'autres, ont été rejetés, conformément au protocole de la revue. Ce qui constitue un corpus très réduit.

La majorité des articles proviennent de l'Amérique du Nord sur Lyme et West Nile (épidémies de 2010). Trois autres maladies sont relativement documentées : la malaria (Afrique, Asie et Amérique du Sud), la leishmaniose (Amérique du Sud) et l'échinococcose (Asie et Europe).

Le lien entre maladies infectieuses vectorielles et écosystèmes est évident, car le cycle nécessite une grande diversité animale et que ces hôtes différents sont intégrés dans les écosystèmes.

La première relation se fait par le fonctionnement de l'écosystème et la modification éventuelle du cycle *via* les effets d'amplification, de dilution, de prédation ou de cul-de-sac écologique.

La seconde relation se fait par des habitats plus ou moins favorables, avec des critères variés comme l'humidité, la disponibilité en nourriture (par exemple les glandées qui favorisent les populations de rongeurs).

Le troisième lien est lié à la composition et la structure du paysage : quelle est la taille des habitats, comment sont-ils agencés, connectés, fragmentés, etc.

La conclusion majeure de la revue concerne les lacunes de connaissances et pouvoir apporter des recommandations de recherche.

### **Bilharziose**

Les quatre études pertinentes montrent une diminution des populations d'hôtes par la prédation naturelle par les poissons molluscivores ou les crevettes d'eau douce. La prédation naturelle régule donc, dans ce cas, les populations d'hôte. Lorsque la densité des prédateurs augmente, il y a diminution de la prévalence de l'infection chez l'humain.

Deux études seulement ont étudié les effets de richesse spécifique des hôtes. La première, à haut niveau de confiance, indique une diminution de la prévalence d'infection chez l'hôte intermédiaire, lorsque la richesse spécifique de la communauté de mollusques augmente. La seconde, de faible niveau de confiance, conclut à une diminution de la prévalence chez l'humain lorsque la richesse spécifique des mollusques augmente. Ces deux articles vont dans le sens d'un « effet dilution ».

## Virus du Nil occidental

Cette maladie transmise à l'homme par des moustiques du genre *Culex* a un réservoir aviaire.

Plusieurs études mettent en évidence une diminution de l'incidence chez l'homme grâce à un « effet dilution » en raison d'une proportion d'oiseaux réservoirs - c'est-à-dire très compétents - tels que les passereaux, plus faible dans les communautés d'oiseaux diversifiées.

Néanmoins, d'autres études montrent que la proportion d'oiseaux très compétents ne diminue pas forcément avec la richesse de la communauté d'oiseaux, et qu'elle augmente même parfois, entraînant un « effet amplification ».

Les études n'ont par contre montré aucun lien entre la richesse dans les communautés d'oiseaux et le taux d'infection chez les moustiques ou la séroprévalence chez les oiseaux. Mais le faible nombre d'études et la grande hétérogénéité qui existe dans la manière de quantifier la richesse des communautés d'oiseaux peuvent constituer des biais.

## Borréliose de Lyme

De nombreuses études ont étudié le lien entre la densité des hôtes (rongeurs ou cervidés) et l'infection mesurée chez le vecteur (tique du genre *Ixodes*), et dans une moindre mesure chez l'hôte animal ou chez l'homme.

Concernant la densité de rongeurs, il semble que tous les articles ayant rapporté un effet nul sur les populations de tiques, ou l'infection des tiques, partagent tous le même biais : avoir effectué les mesures de rongeurs et de tiques la même année. Or, d'après le cycle de la tique, on s'attend à ce qu'un éventuel lien se manifeste avec un délai d'un an ou deux, suivant le stade de la tique étudié. Les études ayant pris en compte ce délai tendent à observer que les populations de tiques augmentent avec la densité des rongeurs. En revanche, les études ne s'accordent pas en ce qui concerne la prévalence d'infection chez la tique.

Concernant la densité de cervidés (principalement cerfs et chevreuils), les trois études ayant testé un lien avec l'incidence humaine tendent à trouver un lien positif, mais avec une très forte hétérogénéité spatiale (le lien n'est trouvé que dans certaines régions) et temporelle (le lien n'est vérifié que pour certaines années et pas d'autres). Nous manquons d'études de large ampleur spatiale et temporelle pour conclure quant à un effet positif de la densité des cervidés sur l'incidence de Lyme chez l'homme.

Parmi les études ayant testé le lien entre densité des cervidés et population/infection chez la tique, la moitié ne prenaient pas en compte le délai nécessaire. En effet, les cervidés servent de repas aux tiques adultes, et l'on s'attend donc à observer un effet sur les populations de larves à  $n=1$ , de nymphes à  $n+2$ , et sur l'homme à  $n+2$  ou 3. Parmi les articles ayant pris en compte ce délai, aucun consensus ne se dégage. Certains observent que la densité de tiques augmente avec la population de cervidés, mais sans effet sur la prévalence d'infection, ou avec un effet négatif. Cela résulte donc généralement dans un effet faible ou nul de la densité de cervidés sur la densité de tiques infectées.

Seules sept études ont évalué l'effet dilution pour la maladie de Lyme. La plupart des études ne trouvent pas d'effet de la richesse des hôtes sur la densité des tiques, sur la prévalence de l'infection ou sur la densité de tiques infectées. Une seule étude a trouvé un effet dilution lorsque la proportion de souris à pattes blanches (hôte très compétent) était faible dans la communauté. Une autre étude a trouvé un effet amplification, mais elle a mis en œuvre un protocole assez particulier et peu robuste en comparant l'infection des tiques entre deux écosystèmes très différents, jugés a priori comme « pauvres » et « riches » sans mesurer réellement cette richesse spécifique des hôtes, ce qui constitue un risque de biais important.

Aucun effet de la richesse des hôtes sur la séroprévalence des rongeurs ou l'incidence

de la maladie chez l'homme n'a été mis en évidence. L'activité des mammifères prédateurs a été peu étudiée, mais plusieurs études de niveau de confiance variable tendent à démontrer que leur rôle en termes de régulation des populations de rongeurs porteurs de tiques pourrait influencer sur le nombre de tiques infectées dans un écosystème.

### Les lacunes de connaissance

Il existe des études liant les arboviroses tropicales avec le paysage et l'usage des sols (effet de l'urbanisation, de la proportion des milieux humides, etc.), mais très peu d'études sur les liens entre les fonctions écologiques (prédation, compétition, dilution, amplification) et l'épidémiologie des arboviroses tropicales, à l'exception de quelques études d'expérimentation ex-situ et de modélisation (Roux *et al.*, 2015), très peu au sein des écosystèmes. Or il faut aller jusqu'à des données épidémiologiques pour savoir s'il y a un effet sur la transmission par les moustiques. Cet état de fait s'explique sans doute par des contraintes de terrain et d'échantillonnage fortes.

L'effet dilution a finalement été peu étudié et avec des méthodes très hétérogènes (richesse spécifique de tout ou partie des communautés animales, indices intégrant la compétence, indices de diversité, etc.), ce qui est étonnant vu l'importance de la controverse et des papiers théoriques de modélisation *in silico* publiés. Nous manquons d'études de terrain avec des échantillonnages robustes.

Il y a également peu d'études de long terme. Souvent les études sont conduites sur un an ou deux ans de terrain alors que, pour des maladies comme Lyme, en dessous de cinq voire 10 ans de données il est difficile de tirer des conclusions fermes et généralisables, car de nombreuses dynamiques, entre autres liées aux variations climatiques, aux populations de vecteurs, d'hôtes, doivent être prises en compte et ne peuvent pas être observées en si peu de temps.

La publication de la revue proprement dite aura lieu vraisemblablement à l'automne 2019.

### **Discussion avec les participants**

Plusieurs biais peuvent également être signalés :

- les problèmes de diagnostic dans la faune sauvage, notamment sur Lyme, avec 50 % de faux négatifs ;
- l'obtention des données épidémiologiques humaines. Elle est difficile en France, plus aisée dans certains pays d'Afrique et d'Asie ;
- la nécessité de travailler sur des échelles pertinentes pour la maladie étudiée. Ainsi, aux USA certaines méta-analyses sur la dilution sont réalisées sur des échelles spatiales larges ne correspondant pas aux écosystèmes cohérents pour les maladies ;
- la grande faiblesse des études d'épidémiologie en terme de puissance statistique des protocoles expérimentaux.

Certains cas cependant permettent de mieux mettre en évidence les liens avec les écosystèmes : dans des pays comme la Thaïlande, les chercheurs ont accès à tous les cas humains sur les 18 dernières années par village. La Chine et le Tibet ont conduit de grandes campagnes de mesure de l'infection à échinocoque par échographie. En Afrique les études sont à l'échelle du village avec les suivis mensuels des enfants.

Dans les unités de recherche, il n'y a pas de compétences mélangées (épidémiologie médicale et écologie). Sur Lyme, les communautés commencent à s'organiser, mais sur les pathologies tropicales à moustiques, il y a plus de ségrégation, notamment entre ceux qui étudient les vecteurs et ceux qui étudient les maladies.

---

## Table ronde - Intégrer la biodiversité dans la stratégie de prévention de la maladie de Lyme : pourquoi, avec qui et comment ?

---

- N. Boulanger (Université de Strasbourg)
- V. Boulanger (ONF)
- B. Vion (Ministère de la santé et des solidarités)
- J. Durand (Inra)
- J. Figoni (Santé publique France)

### La maladie de Lyme en France

On observe une fluctuation de l'incidence de la maladie depuis 2009 sans tendance significative mais avec une augmentation de l'incidence entre 2015 et 2016 et une vraie saisonnalité, notamment dans les régions les plus touchées du grand Est, entre mai et octobre (au pic d'activité des tiques). En France, il n'y a pas de vraie extension constatée de la maladie de Lyme puisqu'elle est déjà présente sur l'ensemble du territoire. En contexte de changement climatique, et notamment d'augmentation des températures, *Ixodes ricinus* (vecteur de la borréliose de Lyme et de l'encéphalite à tiques notamment) pourrait être active plus longtemps dans l'année, et être retrouvée à des altitudes plus hautes. Elle pourrait également disparaître de certaines régions qui deviendraient trop sèches. D'autres genres de tiques pourraient migrer en France et transmettre rickettsies ou d'autres agents pathogènes.

Plusieurs phénomènes s'annulent peut-être : d'une part l'augmentation du nombre de tiques, les phénomènes de reforestation avec des couverts forestiers importants qui favorisent la prolifération des rongeurs et d'autre part, l'augmentation des températures et des saisons sèches qui diminue l'activité des tiques.

### Étude Citique et suivi des agents de l'Office national des forêts (ONF)

30 % des gens signalent des morsures dans les jardins et les parcs. Le programme a permis d'analyser 800 tiques et leurs agents pathogènes :

- 30 % des tiques sont porteuses d'au moins un agent infectieux ;
- 20 % des tiques sont porteuses de Borrélia ;
- les tiques sont présentes sur tout le territoire français.

La prévention consiste en des mesures de protection individuelle :

- porter des vêtements longs et clairs ;
- rester sur les chemins tracés en forêts ;
- éviter les prairies, les lisières de champ, tous les endroits où il y a de la végétation haute et des herbes hautes ;
- utiliser du répulsif avec une autorisation de mise sur le marché en respectant les conditions d'emploi (avis Anses sur l'efficacité des répulsifs, disponible en ligne)
- changer de vêtements rapidement après l'exposition ;
- Inspecter le corps entier et les plis, le cuir chevelu, le jour même et le lendemain de la balade ;
- le risque augmente avec le temps d'accrochage, donc en cas de repérage, enlever la tique le plus rapidement possible et désinfecter la peau ensuite. Ne rien appliquer sur la tique avant de l'ôter : elle pourrait régurgiter des microorganismes sous l'effet du produit.

La surveillance de la maladie de Lyme chez les forestiers relève entre 10 et 15 cas par an sur 5 000 forestiers qui vont en forêt. C'est une incidence supérieure à celle de la population générale, notamment parce que les forestiers ne peuvent pas rester sur les chemins et sont beaucoup plus fréquemment exposés que le reste de la population. De plus, les répulsifs sont aussi potentiellement toxiques pour l'homme, leur utilisation est à évaluer finement dans un contexte d'expositions professionnelles récurrentes, une utilisation excessive n'étant pas recommandée.

## Actions de politiques publiques

### 1/ Agir sur les habitats de la tique qui aime l'humidité et les litières de feuilles :

- en gérant l'utilisation de l'espace pour limiter l'exposition des visiteurs, avec des recommandations comme « rester sur les sentiers battus » ;
- en coupant l'herbe ou en retirant les feuilles dans les endroits très fréquentés pour diminuer le nombre de tiques ;
- en aménageant l'espace pour les visiteurs (avec par exemple une végétation peu dense).

Aujourd'hui néanmoins, ces actions sont peu mises en œuvre en raison du peu de connaissances sur l'écosystème et la densité de tiques. Nous savons que la reforestation conduit à l'augmentation du degré hygrométrique, avec pour effet possible une augmentation des populations de tiques.

### 2/ Agir sur les réservoirs (oiseaux, rongeurs qui transmettent les agents infectieux vivants) ou les hôtes intermédiaires (comme les cervidés qui sont un cul-de sac pour l'agent infectieux mais nécessaires au maintien de la population des tiques) **est plus incertain.**

Les densités de cervidés ont augmenté au Japon et aux USA avec une augmentation concomitante de la population de tiques, mais les études qui montrent un lien entre densité d'ongulés et densité de tiques sont peu robustes et fragiles, avec des conclusions parfois contradictoires : on ne sait donc pas si cette relation est proportionnelle. On n'en connaît pas le seuil. Les américains ont essayé les abattages massifs de cervidés sans efficacité sur l'incidence de la maladie.

Le rôle des micromammifères et de leurs prédateurs sur la maladie de Lyme est également mal connu du fait de la complexité des cycles et de la diversité des hôtes : il existe trois espèces de *Borrelia* avec trois réservoirs principaux, rongeurs, oiseaux et 300 sortes d'hôtes possibles.

**3/ Les déterminants de la maladie sont multiples** (génétiques, immunologiques, comportementaux, sociaux, environnementaux, climatiques, etc.). L'étude de ces déterminants, avec l'aide des sciences sociales, dans une démarche de santé publique, donne des pistes pour la prévention. Il est nécessaire d'avoir une action coordonnée et transversale sur les territoires, à partir d'une cartographie du risque par exemple.

### 4/ Mieux communiquer et informer sur les risques

En Alsace, après une première étude sur les écosystèmes des vallées vosgiennes démontrant qu'ils étaient propices à trois maladies transmises par les tiques, dont la maladie de Lyme, l'Agence régionale de santé a fait une campagne de communication à destination du public avec des panneaux de sensibilisation aux tiques et aux maladies à tiques, et des séminaires transfrontaliers avec les Suisses et les Allemands. Santé publique France diffuse depuis 2016 des outils de communication à destination du grand public et des professionnels de santé.

**5/ Enfin, décroisonner la recherche** pour que les scientifiques qui travaillent sur les réservoirs collaborent avec ceux qui étudient les vecteurs et ceux qui étudient les différents aspects de la maladie chez l'Homme.

L'État, de son côté, se mobilise. Un plan national de lutte contre les maladies à tiques a été adopté en 2016 et un comité interministériel de santé, de niveau ministre, se réunit chaque année ; la prochaine session mettra l'accent sur la santé environnementale. Néanmoins, il reste du chemin à parcourir pour que la gestion des écosystèmes soit perçue comme pouvant être une des pistes intéressantes pour l'avenir en termes d'actions préventives de santé.

La prise en compte de la maladie de Lyme par l'ONF était essentiellement curative jusqu'à il y a 3 ou 4 ans.

### **Discussion avec les participants**

Un des enjeux est également le partage de l'espace avec la biodiversité afin de lui laisser la capacité de libre évolution qui augmentera sa résilience face aux pressions humaines. L'absence de connaissances sur les relations positives entre biodiversité et santé ne doit pas nous conduire à nous priver de ce potentiel évolutif. L'érosion de la biodiversité animale et végétale n'est pas synonyme de diminution de la quantité des pathogènes qui devraient, s'ils n'ont plus d'hôtes, s'adapter aux hommes et leurs animaux domestiques qui représentent la biomasse la plus importante des mammifères terrestres.

L'analyse des modifications de notre environnement depuis un siècle montre que les écosystèmes ont subi d'importants changements socio-économiques dus à la désertification rurale et des abandons de pratiques qui avaient pour effet de réguler les populations de tiques, par exemple la plantation d'arbres et la collecte des feuilles pour fumer des jardins.

Nous constatons également une prolifération du gibier en partie due aux pratiques cynégétiques et à un intérêt croissant pour le grand gibier (après la disparition du lapin de garenne) : agrainage, élevage, lâchés, etc. La France compte aujourd'hui un million de chasseurs.

Il y a également une évolution des représentations de la tique dans la population qui influe sur les comportements en forêt. Santé Publique France, avec son baromètre santé, conduit une nouvelle enquête sur la perception, les attitudes et pratiques envers les piqûres de tiques et la borréliose de Lyme en population générale.

---

### **Quels sont les mécanismes en jeu dans la transmission des maladies infectieuses dans les socio-écosystèmes ?**

---

#### **Eve Miguel (IRD)**

60 à 70 % des maladies émergentes et ré-émergentes chez l'homme sont dû au transfert horizontal via les animaux (i.e. sauvages et domestiques). Les principaux vecteurs sont les mammifères et notamment les ongulés et parmi eux, les bovins. Dans une moindre mesure, les carnivores et les rongeurs transmettent également des maladies. Nous assistons à un changement de paradigme, le pathogène n'est plus étudié tout seul au sein de son hôte. Les co-infections sont de plus en plus prises en compte ainsi que le rôle des communautés d'espèces dans la maintenance et la diffusion des maladies infectieuses.

Trois types de maladies peuvent se distinguer :

- **les maladies émergentes** qui ont un impact modéré en terme de mortalité, mais inquiètent fortement les pays touchés et indemnes. Par exemple, le virus Nipah, le syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS), le virus H5N1, la fièvre de la vallée du rift et les syndromes respiratoires du Moyen-Orient (MERS) sont responsables à eux tous de 4 000 morts par an ;
- **les maladies endémiques** négligées dans certaines parties du monde, comme la rage, la leptospirose, la leishmaniose, ou encore les maladies du sommeil et de Chagas, qui sont responsables de près de 200 000 morts par an.
- Et enfin, **les maladies à intérêts économiques** déstabilisent également fortement les nations. Pour exemple la crise de la fièvre aphteuse au Royaume-Uni a coûté trois milliards de livres en coûts directs, 5 milliards en coûts indirects et a conduit à euthanasier 6,5 millions d'animaux domestiques.

La majorité des germes émergents ou ré-émergents ces dernières décennies a été des virus, (à contrario des bactéries, protozoaires ou helminthes) grâce à leurs forts taux de reproduction et leurs capacités à s'adapter à de nouveaux environnements.

## Les mécanismes en jeu dans l'émergence et la diffusion des maladies infectieuses entre espèces.

Le saut d'espèces est fortement lié à la parenté entre espèces hôtes et aux recouvrements spatiaux entre espèces. On peut distinguer deux types de saut d'espèces :

- Un **saut d'espèces plus évolutif** où le pathogène va passer d'une espèce émettrice à une espèce réceptrice, après adaptation à son nouvel hôte (exemple du virus du Sida). La probabilité qu'un pathogène devienne endémique dans la population réceptrice dépend des interactions interspécifiques entre hôtes émetteurs et hôtes récepteurs, des interactions entre le pathogène et l'espèce réceptrice et des interactions au sein de l'espèce réceptrice.
- Un **saut d'espèces plus écologique** où des sauts fréquents sont observés entre l'espèce émettrice et la ou les espèces réceptrices. C'est le cas par exemple du virus de la rage vulpine chez le renard roux qui se transmet également à de nombreuses espèces comme le chat et le chien. Ici la diffusion est plus ou moins efficace en fonction de l'espèce réceptrice. Il faudra un million de fois plus de particules virales pour qu'un renard infecte un chien par rapport à un autre renard.

Les déterminants du saut d'espèces sont :

- les zones d'interface ou écotones, qui ont un rôle prépondérant dans l'émergence des maladies infectieuses depuis une cinquantaine d'années en raison de l'augmentation des activités d'élevage à la périphérie des aires protégées ou des villes ;
- la connectivité qui est de plus en plus forte entre les espaces ruraux, les zones citadines et les espaces protégés, ce qui augmente le contact homme/animal et réduit les obstacles à la transmission des maladies.

Les pathogènes se maintiennent dans un environnement selon plusieurs conditions :

- la présence ou l'absence d'une ou plusieurs espèces d'hôtes ;
- la densité des espèces hôtes ;
- la fréquence des interactions au sein de ces espèces et entre ces hôtes.

### Deux exemples d'émergence due à l'augmentation des contacts

L'émergence des virus Hendra et Mengale en Australie est due à la déforestation massive, à l'expansion de l'agriculture, à la modification des habitats des chauves-souris frugivores et à l'exploitation d'arbres fruitiers en zones péri-urbaines.

L'émergence du virus de l'encéphalite japonaise en Asie du Sud-Est due à l'augmentation de l'irrigation des rizières, le développement de l'élevage porcin et l'augmentation de la démographie humaine.

Aujourd'hui la notion de réservoir s'est complexifiée avec ce changement de paradigme multi-spécifiques ; cependant des lacunes de connaissances persistent : peu d'études montre la part relative de chaque espèce dans la transmission des maladies infectieuses et encore moins intègrent le comportement humain (et notamment les pratiques culturelles) dans les modèles de diffusion des maladies. Or ces pratiques culturelles sont très importantes dans les dynamiques épidémiologiques.

### Modélisation mécanistique de la transmission des maladies infectieuses

La modélisation permet de comprendre un système, de prédire la diffusion des maladies infectieuses dans le temps et dans l'espace, d'effectuer des simulations selon différents scénarios et avoir un outil d'aide à la décision.

#### Comprendre et caractériser une maladie

Une population peut se caractériser à l'instant  $t$  par un certain nombre d'individus : individus sensibles à une maladie, individus infectieux (infectés, contagieux) et individus rétablis (i.e. guéris immunisés).

Différents paramètres caractérisent la dynamique des maladies infectieuses dont la force d'infection qui décrit le passage d'individus sensibles vers l'état infectés et le taux de guérison qui décrit le passage des individus infectés vers un état rétabli. La transmission d'un pathogène va dépendre du taux de contacts entre individus et de la probabilité que ce contact soit infectieux.

Un autre paramètre épidémiologique important pour décrire les maladies infectieuses est le taux de reproduction de base qui se définit par le nombre d'individus qu'un individu infectieux peut infecter. Ce taux est différent pour chaque maladie. Par exemple, un chien enragé peut infecter entre deux et trois autres chiens, un homme atteint de coqueluche peut infecter jusqu'à 15 personnes en moyenne.

#### Prédire et simuler la diffusion d'une maladie

Simuler les données observées permet de s'assurer que les mécanismes de diffusion de la maladie ont bien été compris pour mettre en place des stratégies de contrôle et de surveillance efficaces dans le temps et dans l'espace. De plus, simuler la diffusion de maladies infectieuses permet de tester des hypothèses de transmission et ainsi différents scénarios comme la prise en compte d'une transmission environnementale.

#### Aider à la décision et discuter

La modélisation est souvent utilisée comme outil d'aide à la décision en faisant varier différents paramètres et en observant le comportement et les sorties des modèles.

### **Le paradoxe des liens entre biodiversité et santé**

Trois constats majeurs sont établis :

**1/** d'une part nous assistons à la 6<sup>e</sup> extinction de biodiversité (le taux d'extinction d'espèces est aujourd'hui 100 à 1 000 fois supérieur à la moyenne et le taux d'évolution de nouvelles espèces ne suit pas ce rythme) : 1/3 des amphibiens, 1/4 des mammifères et 1/6 des oiseaux sont menacés d'extinction. Pour enrayer le déclin, des mouvements de conservation se sont mis en place avec une augmentation importante des zones protégées (+ 50 % en 25 ans) :

- 1872 : le parc national de Yellowstone (USA) est la première zone protégée au monde ;
- 2012 : 140 ans après, 177 500 zones protégées sont identifiées, soit 12,7 % de la masse terrestre émergée et 1,6 % des océans.

Mais ces protections restent insuffisantes pour enrayer l'extinction des populations et notamment le déclin des grands mammifères. Sur le continent africain, l'abondance des espèces a décliné de 59% entre 1970 et 2005.

**2/** D'autre part, nous assistons à une augmentation des maladies infectieuses (émergentes ou ré-émergentes) : quatre fois plus fréquentes dans les années 2000 que dans les années 1940.

**3/** Enfin, les inégalités en termes de santé entre les pays persistent. Au début du 20<sup>e</sup> siècle, l'espérance de vie était de 47 ans avec une forte mortalité infantile. Aujourd'hui, grâce aux antibiotiques et la vaccination de masse, l'espérance de vie est passée à 80 ans dans les pays aux ressources économiques élevées. 1/4 des décès dans le monde sont dans les pays aux ressources économiques limitées avec trois maladies majeures : le Sida, le paludisme et la tuberculose qui tuent chaque année quatre millions de personnes. Les maladies négligées (tuberculose bovine, rage, brucellose, dengue) touchent quant à elles plus d'un milliard de personnes principalement dans les pays aux ressources économiques limitées.

Face à ce triple constat, il est important de repenser notre façon de concevoir les écosystèmes et les espaces protégés.

Dans les années 2000, les concepts *One Health* et *Ecohealth* sont nés avec une forte volonté de décloisonner les disciplines pour mieux comprendre le lien entre santé hu-

maine et santé animale et le lien avec la santé des écosystèmes.

Une analyse bibliographique avec le mot clé 'One Health' sur *Web of science*, génère 500 articles publiés en 2018 contre 40 en 2000. Ce cadre de pensées est donc en plein essor et est appuyé par les financeurs publics (UE, ICONZ, USAID Predict, Prevent, Identify, Respond, British Research Council) et privés (Wellcome trust, Bill and Melinda Gate Foundation) qui soutiennent des recherches transdisciplinaires qui connectent environnement et santé. Ce changement de paradigme permet de passer d'un système linéaire, segmenté par thématique à un système systémique et pluridisciplinaire plus adapté aux systèmes complexes étudiés. Il y a cependant actuellement peu de concrétisation dans la recherche française.

### **Exemple de la transmission de la fièvre aphteuse des buffles africains (espèce réservoir, émettrice) aux vaches domestiques (espèce sensible et réceptrice) au Zimbabwe**

Le virus de la fièvre aphteuse est un virus extrêmement contagieux qui circule chez de nombreuses espèces d'artiodactyles. Sa transmission est complexe, elle fait appel aux contacts entre individus sensibles et infectés, la transmission via l'environnement est peu documentée, notamment en Afrique sub-saharienne.

Des recherches ont été conduites sur trois socio-écosystèmes au Zimbabwe avec enregistrement des contacts entre animaux sauvages et domestiques via l'utilisation de colliers GPS. Les résultats ont confirmé que la probabilité que le bétail acquière des anticorps anti-fièvre aphteuse était positivement associée aux taux de contacts avec les buffles sauvages (i.e. espèce réservoir supposée).

L'hypothèse basée sur des concepts écologiques suppose que l'accès aux ressources conditionne les contacts multi-spécifiques et ainsi la transmission du virus avec un pic en saison sèche. Cependant pour l'un des socio-écosystèmes étudié, le pic infectieux fut observé en saison des pluies avec un faible taux de contacts interspécifiques en saison sèche.

En analysant les réseaux d'interactions entre éleveurs dans le temps et dans l'espace et les incursions des bovins dans le parc, il a été observé une forte incursion de ces derniers en saison des pluies et ainsi une forte corrélation entre le fait de rentrer dans le parc et la probabilité d'acquérir des anticorps.

Le faible taux de contacts en saison sèche a été expliqué par le fait qu'en saison sèche, les grands prédateurs (i.e. lions, hyènes, léopards) jouaient potentiellement le rôle de barrière écologique pour diminuer le contact entre animaux sauvages et animaux domestiques au niveau des points d'eau. Les grands prédateurs constitueraient ainsi une barrière physique entre les buffles et les vaches et indirectement module-raient la transmission de pathogènes interspécifique.

Les causes de l'augmentation des incursions en saison des pluies ont ensuite été explorées et il a été mis en évidence que les éleveurs faisaient entrer leurs animaux en saison des pluies dans le parc pour deux raisons : (i) éviter qu'ils ne consomment les cultures en pleine pousse et (ii) les laisser en libre divagation puisque les 'vachers' étaient réquisitionnés aux champs.

Les facteurs majeurs expliquant l'infection sont donc les pratiques d'élevages. Il reste à explorer la question des modalités d'infection en saison des pluies, car les taux de contacts sont plus faibles avec l'espèce réservoir. L'environnement ou des espèces relais (i.e. antilopes de moyenne taille de type grand koudou ou impala) joueraient certainement un rôle clé dans la diffusion du pathogène.

Il est donc très important d'intégrer les comportements humains dans la compréhension des mécanismes de diffusion des maladies infectieuses.

Travailler sur les maladies infectieuses implique de plus en plus la prise en compte de l'écologie des espèces sauvages et domestiques : leur déplacement, la saisonnalité, l'accès aux ressources alimentaires et les recouvrements spatiaux.

En terme de besoins de recherche, il conviendrait d'explorer le rôle des espèces relais dans la transmission des maladies infectieuses, de développer de nouvelles mé-

thodes, non invasives, pour comprendre les dynamiques infectieuses au sein des populations sauvages.

---

## Gestion des crises sanitaires liée à la biodiversité

---

### Olivier Mastain (Dreal Nouvelle Aquitaine)

Bravo à l'agence française pour la biodiversité (AFB), à l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), à la fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), au ministère des solidarités et de la santé qui nous accueille, au ministère de la transition écologique et solidaire et au ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation d'avoir pris la belle initiative de cette rencontre de haut niveau, qui fait dialoguer ensemble chercheurs, médecins, vétérinaires, associations, collectivités, organismes publics et plus largement toutes les parties prenantes de politiques publiques de santé d'autant plus efficaces qu'elles seront aussi écologiques.

Une belle journée de débat. Je voudrais saluer plus que la qualité, l'esprit de co-construction qui préside aux échanges, signe de notre aptitude collective à conjuguer de solides convictions qui sont les nôtres avec la recherche de l'intérêt général sans que jamais les identités forcément contrastées qui accompagnent nos appartenances respectives ni les désaccords qui peuvent bien normalement s'exprimer lors des débats n'aient altéré la recherche de convergences positives sur un sujet qui nous passionne toutes et tous, un sujet que nous savons vital pour l'avenir, autour d'enjeux qui sont indissociablement écologiques, économiques, sociaux, sanitaires et culturels.

Nous le savons : protéger la biodiversité, c'est aussi protéger l'humanité, qui en est partie prenante et bénéficie de ses avantages. Le code de l'environnement reconnaît, depuis la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages de 2016, la notion de service écosystémique, défini par la Convention sur la diversité biologique. Ces services améliorent notre santé, en participant à l'épuration naturelle de l'eau, à la pollinisation et donc à notre alimentation, à la prévention et à la lutte contre certaines maladies.

« Un seul monde, une seule santé », ce concept issu des limites des approches conventionnelles sur les maladies infectieuses et proposé – j'ajoute un point d'histoire à l'excellente présentation de Serge Morand – dès 2004 par la Société de conservation de la faune sauvage pour une approche cohérente, globale et préventive de protection de la santé humaine, visant à renforcer les liens entre santé humaine, santé animale et gestion de l'environnement, traduit en France dans un document stratégique de 2011, a encore du mal à résister à l'expression de différents porteurs d'intérêt, dès lors qu'une décision de gestion est attendue lors d'un épisode de crise sanitaire. Je m'explique. En France, dans les affaires de crise sanitaire impliquant des espèces sauvages, la biodiversité est d'abord vue comme un problème ; au mieux elle en est un paramètre, et très exceptionnellement elle peut être vue comme une solution.

Parole d'acteur en Haute-Savoie, au sujet de la brucellose, je cite :

« On a la chance d'avoir une maladie qui s'est développée sur un massif qui est enclavé. On demande donc l'éradication de ce troupeau de bouquetins, et après on souhaite une réintroduction après un vide sanitaire. » C'est simple.

Je pourrais aussi reprendre certains titres et articles de presse au moment de la crise de la grippe aviaire en 2006 criant haro sur les oiseaux sauvages. Quand la nature s'en mêle, il faut l'abattre.

Ainsi, le déclenchement de mesures de prévention de maladies humaines ou animales donne souvent lieu à débat.

Ces controverses sont d'autant plus vives qu'elles reposent sur des visions différentes

des relations entre l'homme et la nature. L'objectif de ce colloque est notamment de partager ces différentes visions pour faciliter l'émergence de débats plus sereins et surtout de solutions partagées, réconciliant l'homme et la nature.

Les crises nous permettent de progresser en ce qu'elles constituent des ruptures qui questionnent nos modes de pensée, nos modes d'action, notre processus de décision. C'est ce que les sociologues appellent notre dépendance au sentier. Une crise ouvre de nouveaux chemins, bouleverse nos certitudes, plus ou moins rapidement. Sans atténuer les drames qu'une crise sanitaire peut générer, une crise est positive en ce qu'elle s'accompagne d'un saut intellectuel.

La gestion d'une crise sanitaire impliquant la biodiversité démultiplie le nombre d'acteurs concernés. Si les pouvoirs publics prennent une décision en oubliant une catégorie d'acteurs, cela va forcément générer des réactions, de la simple protestation jusqu'à l'installation d'une zone à défendre (ZAD). C'est ce qui s'est passé dans les premiers moments de la saga de la brucellose en Haute-Savoie, les défenseurs des bouquetins allant même jusqu'à se préparer à se transformer en bouclier humain entre chaque bouquetin et les tireurs chargés de les abattre.

Parole d'un gestionnaire du risque en Haute-Savoie, je cite :

« [Les associations associées aux discussions] Frapna, Asters, et les accompagnateurs de montagne se sont raccrochés en fin d'année dernière car on n'y avait pas pensé ».

Le dossier de la brucellose en Haute-Savoie est emblématique à plus d'un titre. Il a révélé une crise de légitimité pour le ministère de l'agriculture, compétent en droit et dans notre organisation institutionnelle pour gérer les maladies animales. Son analyse, ses positions, relayées par le préfet et par les services localement, n'ont convaincu ni le ministère de l'environnement, ni les associations de protection de la nature, ni le Conseil national de protection de la nature, pas plus qu'elles n'ont été confirmées par les expertises produites. Cette crise a mis le ministère de l'environnement en difficulté, dans une forme de conflit de loyauté et de solidarité interministérielle. Sa volonté d'aider les collègues de l'agriculture à maîtriser le risque de transmission des animaux sauvages aux animaux domestiques était réelle. Mais les raccourcis sémantiques empruntant le vocabulaire qui fait peur, comme « maladie mortelle », agité comme un chiffon rouge comme s'il suffisait à tout autoriser, l'obstination à « vouloir frapper vite et fort » pour reprendre une formule utilisée au début de la crise, sans tenir compte des différentes alertes sur le bien-fondé de cette position unilatérale qui ne manquerait pas de susciter de vives critiques et de farouches oppositions.

L'argument de santé publique s'avère souvent efficace puisque personne ne peut voter contre la santé publique. C'est ce qui fait écrire la sociologue Carole Clavier : « la santé est utilisée dans l'exercice du pouvoir comme argument permettant de légitimer l'intervention et le contrôle de l'État ».

Je rajouterais dans cette crise une remise en cause de notre organisation institutionnelle et de l'expertise, en citant un extrait d'un courrier d'un élu adressé à la ministre de l'environnement de l'époque, Ségolène Royal :

« En tant que parlementaire mais aussi en tant que médecin, je vous demande de ne pas suivre ces avis [du CNPN et de l'Anses] qui ne sont que consultatifs et apparaissent déconnectés des enjeux et de l'urgence ».

Comment en sommes-nous venus à confondre risque et danger alors que les gestionnaires de risques s'évertuent depuis de nombreuses années à développer cette culture du risque ?

Comment en sommes-nous venus à jouer aux apprentis sorciers alors que l'État s'est organisé depuis les années 1990 pour fonder ses décisions de gestion sur les résultats d'une expertise pluraliste organisée par les agences de santé ?

Comment en sommes-nous arrivés à ce que trois associations de protection de la nature se substituent à l'État en saisissant l'Anses d'une demande d'expertise ?

Finalement, cette crise de la brucellose en Haute-Savoie révèle notre incapacité à opérer en commun, de façon fluide, simple, transparente et courageuse. Joindre nos forces au service d'un but partagé. Encore faut-il se mettre d'accord sur la question de départ. S'agit-il de maîtriser le risque de brucellose chez l'homme ? S'agit-il de maîtriser le risque de transmission de la brucellose des bouquetins aux animaux d'élevage ? S'agit-il d'éradiquer la maladie chez le bouquetin ? Les réponses en terme de gestion ne seront pas les mêmes. Comme je le disais, une crise est une rupture. Elle est plus ou moins rapide mais elle contribue à nous faire évoluer, à mieux appréhender les contraintes des uns et des autres, à mieux identifier les motivations de chacun, sans qu'elles ne soient intangibles. Une crise est donc porteuse d'espoir sur la façon d'agir autrement.

Et nous avons des exemples. Je prendrai celui de la bilharziose urogénitale en Corse que j'ai vécu avec les collègues de la santé quand j'étais à la direction de l'eau et de la biodiversité au ministère de l'environnement. 106 personnes ont contracté cette maladie parasitaire après s'être baignées dans la rivière du Cavu lors de l'été 2013. Un escargot d'eau douce, le bulin, intervient dans le cycle du parasite. Après son passage dans le bulin, la forme libre du parasite dans l'eau contamine l'homme lors d'une baignade par exemple. Le parasite se développe chez l'homme et produit des œufs qui sont excrétés dans l'urine. Très tôt dans la crise, l'hypothèse de l'élimination du bulin de la rivière fut écartée par les autorités de santé compte tenu de l'atteinte grave à l'environnement qu'elle générerait. Les autorités de santé ont mis en place des mesures de gestion impliquant les professionnels de santé, informant les élus, les socio-professionnels et le public. Aujourd'hui, j'ai compris que le risque d'observer des cas de bilharziose en Corse reste possible chaque année, notamment parce qu'il est impossible de maîtriser la contamination du milieu par des personnes malades, dont une proportion importante ne présente aucun symptôme. Le risque n'est pas supprimé, il est géré.

Dans les affaires de crise sanitaire impliquant des espèces sauvages, la biodiversité peut être d'abord vue comme un problème comme ce fut le cas pour le bouquetin. Dans le cas de la bilharziose, le bulin n'est pas un problème à éliminer mais un paramètre à considérer. Et on connaît mal le bulin. D'où le besoin de soutenir la recherche de terrain à la fois pour connaître son implantation en Corse, mais aussi son écologie en vue d'identifier des possibilités de régulation de sa population, dans des conditions respectueuses de l'environnement. C'est le cas aussi des maladies vectorielles émergentes ou ré-émergentes. Il faut aussi apprendre à reconnaître ces espèces, les moustiques par exemple – j'ai compris que nous manquions de systématiciens - et à connaître l'écologie, pour mieux les comprendre et donc gérer les risques de santé associés, voire trouver des solutions dans la nature pour maîtriser leur extension ou réduire leur vitesse de propagation.

Dans le cas de la brucellose, les usagers de la nature ont rapporté des observations sur des bouquetins observés malades bien des années avant la crise. Ces situations doivent faire l'objet de signalements dans le cadre de réseaux de veille écologique ouverts à l'ensemble des usagers de la nature. L'État doit organiser cela. Et je crois au renforcement de la coopération entre les réseaux de veille sanitaire et ceux de veille écologique pour améliorer la détection précoce des événements de santé, en suivant quelques espèces sentinelles.

Un exercice de simulation, en vraie grandeur, comme l'État en organise régulièrement pour d'autres types de risques, serait une bonne occasion d'approfondir nos retours d'expérience et de renforcer la coopération sur les crises sanitaires impliquant la biodiversité.

Cette dynamique de recherche/action, de capitalisation et de mutualisation des réseaux existants, de test en vraie grandeur est une formidable occasion de partager nos connaissances pour améliorer notre culture individuelle et collective du risque. C'est d'abord en ayant accès à la connaissance que l'on peut devenir citoyen du monde, et accepter des règles de gestion.

Des défis demeurent. Le changement climatique en est un, avec des risques d'épisodes extrêmes comme les inondations et les canicules, et d'aggravation des maladies infectieuses émergentes. Lutter contre le changement climatique, c'est tâcher de prévenir ses impacts sanitaires, déjà perceptibles aujourd'hui, et plus encore demain si nous ne faisons rien. Sans oublier l'enjeu crucial de la biodiversité en milieu urbain, et son cortège de pathogènes. Je rajouterais la crise longue, à venir – parce que non perçue à ce stade par le grand public – de la résistance des bactéries aux antibiotiques. L'environnement a aussi sa part dans les mécanismes de l'antibiorésistance. Par exemple, la pollution par certains métaux contribue à sélectionner certaines bactéries porteuses de gènes d'antibiorésistance en baie de Seine. Tout est lié, vous en êtes convaincus, il ne faut pas segmenter les problèmes.

Le Plan national santé environnement n°1 avait lancé une dynamique en matière de santé biodiversité sous l'angle de la recherche en écopathologie. Le 3e plan a relancé cette dynamique. Poursuivons-là dans le 4e plan annoncé par le ministre d'État, ministre de la transition écologique et solidaire et la ministre des solidarités et de la santé le 14 janvier dernier à Bordeaux.

Je me réjouis de l'essor de l'ingénierie écologique dans notre pays, afin de conserver, restaurer, optimiser, les services rendus par les écosystèmes et la biodiversité. Je suis convaincu qu'il y a de formidables opportunités de développer ce que j'appelle une ingénierie écologique au bénéfice de la santé, créatrice de nouveaux métiers. J'ai noté il y a quelques mois les interventions des premiers médecins urbanistes dans la conception des aménagements en ville. Pourquoi pas les premiers médecins écologues demain et bien d'autres métiers encore ?

Robert Barbault disait que la biodiversité, c'est le passage du concept de « l'homme et la nature » (et souvent l'homme contre la nature) à « l'homme dans et avec la nature ». Prendre conscience de la diversité des formes de vie qu'abrite notre planète nous aide à accepter la diversité de notre grande famille humaine. C'est un enjeu de solidarité.

Cette nouvelle alliance, cette nouvelle harmonie entre l'homme et la nature, en prenant appui sur le vivant, c'est aussi une part de poésie de l'action publique que j'ai l'honneur de servir.

---

### **Table ronde – Comment concilier gestion du risque à court terme et préservation des équilibres écosystémiques sur le long terme ?**

---

- C. Le Bigot (Ministère de l'agriculture)
- C. Dunnoyer (Anses)
- T. Durand (Parc national des Écrins)
- J. Y. Cholet (ONCFS)

#### **Évolution des modalités de gestion du risque sanitaire**

Suite aux crises sanitaires dans les années 1990, la France a choisi de séparer l'évaluation des risques de leur gestion. Cette règle de séparation prévaut également dans toutes les organisations internationales ou communautaires. La première a été confiée aux agences sanitaires et aujourd'hui, sur des sujets qui le nécessitent en temps de paix ou en cas de crise, l'Anses peut être saisie pour avis. L'Anses est alors chargée de l'évaluation du risque mais également de proposer des mesures de gestion au gestionnaire du risque. C'est ainsi que sur l'exemple du Bargy, ce ne sont pas moins de neuf avis qui ont été formulés par l'Anses.

L'expertise collective conduite par l'Anses permet de collecter et porter à connaissance les éléments scientifiques disponibles pour appuyer la décision. Elle est basée sur le recrutement en amont des meilleurs experts possibles en fonction des saisines. Plusieurs principes sont mis en œuvre : pluridisciplinarité, excellence, indépendance et collégia-

lité des débats (le consensus n'est pas la règle). Il faut un certain temps pour faire une bonne expertise collective. Au départ les champs scientifiques sont différents, ainsi que le vocabulaire. Ensuite les experts développent un langage commun et une compréhension commune de la question.

Pour compléter les connaissances, le travail interdisciplinaire de recherche est important. Cela peut faire partie des recommandations de l'agence.

Quelle que soit l'excellence de l'expertise fournie, il faut bien garder en tête qu'elle est toujours tributaire des données disponibles. Les experts ne manquent pas de souligner le plus ou moins grand niveau d'incertitude associé à leurs recommandations.

Les modalités de gestion ont évolué et se sont améliorées. Autrefois l'environnement a certainement été insuffisamment pris en compte dans un certain nombre de dossiers, mais cela fait quelque temps déjà que les décisions sont de plus en plus prises en interministériel (c'est le cas actuellement avec la crise de peste porcine africaine dans l'Est de la France), et sur la base d'un avis scientifique d'experts.

Ensuite, ces décisions dépendent de nombreux facteurs :

- l'état et le statut des populations. On gèrera de manière différenciée, d'une part des populations animales en bon état de conservation et des populations en danger d'extinction, et d'autre part des espèces protégées ou des animaux sauvages vivant dans des espaces protégés. Le sanglier par exemple est à l'heure actuelle une espèce extrêmement prolifique. Elle ne sera pas gérée de la même façon qu'une espèce protégée.
- Le statut des maladies et leurs caractéristiques épidémiologiques (rapidité de la diffusion, contagiosité, gravité, impact sur la santé humaine ou l'économie, etc.). Des maladies comme la tuberculose ou la brucellose sont des zoonoses, il y a donc lieu de prendre en compte le risque santé publique. Dans les pays où la lutte contre la tuberculose n'est pas mise en place, 30% des cas humains proviennent des animaux. En revanche, une maladie comme la peste porcine africaine ne présente aucun risque pour la santé publique mais a un impact économique majeur (estimé à 1 milliard d'euros en cas de foyer en France).
- Les règles internationales qui imposent des statuts indemnes de maladie pour pouvoir exporter et qui de fait limitent le recours à la vaccination ou au maintien même limité d'une maladie. C'est ainsi que les conséquences de la perte de statut indemne pour la filière porcine belge a été dramatique malgré une absence de cas en élevage et un abattage préventif des élevages porcins de la zone infectée.
- Des techniques disponibles. Dans l'idéal, la vaccination devrait être utilisée massivement mais elle n'existe pas pour toutes les maladies. Si elle a très bien fonctionné pour la rage ou la peste porcine classique, elle n'existe pas pour la peste porcine africaine. Par ailleurs, des recherches sont en cours sur la tuberculose pour trouver un vaccin pour la faune sauvage mais à l'heure actuelle le seul vaccin existant est injectable, ce qui le rend inutilisable en pratique.

Ainsi, toutes les maladies ne peuvent pas être gérées de la même façon. Il n'y a pas de règle générale mais des évaluations du risque au cas par cas.

Par ailleurs, il peut y avoir dissensus entre plusieurs politiques publiques, par exemple celles qui s'occupent de bien-être animal et qui tendent à faire « sortir » les animaux des bâtiments d'élevage. Or, si les animaux sont en plein air, ils seront plus soumis aux contacts avec la faune sauvage, voire tout simplement au contact avec des agents pathogènes présents dans les parcours et les reposoirs. Le principal enjeu désormais, pour concilier élevage, bien-être animal et intégration dans l'environnement est le respect de mesures de biosécurité qui nécessitent une vraie réflexion au sujet des locaux, du fonctionnement et de la conduite d'élevage. C'est ainsi que les élevages porcins français ont été préservés dans le Nord-Est s'ils respectent des mesures de biosécurité optimales afin de les prémunir de tout contact avec les sangliers.

Au sein même des zoonoses majeures, plusieurs typologies de dangers conduisent à différentes temporalités de réponses :

- **Danger sanitaire à plan d'urgence** (exemple : fièvre aphteuse, Influenza aviaire) : action planifiée et rapide selon des principes bien connus et validés internationalement.
- **Danger sanitaire installé plus ou moins évolutif** (exemple : tuberculose) : les scientifiques ont le temps de produire de la connaissance et l'agence a le temps de produire des avis solides pour faire évoluer les mesures de gestion.
- **Danger sanitaire nouveau** (exemple : brucellose) : le grand manque de connaissances ne permet pas de prendre des décisions « robustes ».

Quelle que soit la crise et sa temporalité, il persiste des tensions fortes entre la nécessité d'informer et la nécessité d'agir ; le temps scientifique est long et il est extrêmement difficile de faire admettre aux publics potentiellement exposés au risque sanitaire ou économique qu'il soit préférable d'attendre des années avant de « faire quelque chose », même en situation de grande incertitude concernant la stratégie à adopter.

### **Danger et risque : deux notions à ne pas confondre**

Malgré les avancées constatées dans la gestion des crises, le retour d'expérience de crises récentes (brucellose des bouquetins du Bargy, pestes aviaires, etc.) indique que l'évaluation initiale du risque n'est pas toujours faite de manière optimale et que d'importants progrès restent encore à faire. L'évaluation du risque (qui est la probabilité d'apparition d'un danger donné) est indispensable à une gestion de crise appropriée et proportionnée. L'analyse de danger est faite dans son ensemble, mais il manque encore régulièrement une vraie analyse de risque avec un travail approfondi sur la cartographie des dangers, les modalités d'exposition et d'infection, la relation dose-réponse et la gravité des conséquences. Se pose ensuite la question de l'acceptabilité du risque au regard des mesures de gestion possibles.

L'approche épidémiologique doit être optimisée au moment de la prise de décision. Il est par ailleurs crucial de prendre en compte l'impact sur l'environnement des mesures extrêmes prises et d'anticiper leur acceptabilité sociale.

Ce qu'il y a de sûr, c'est que les émergences de toutes sortes et les crises sanitaires impliquant la faune sauvage se sont multipliées au cours des dernières décennies, ce qui a conduit l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) à s'y intéresser de plus en plus, et les ministères concernés (principalement l'Agriculture) à lui confier des moyens humains et financiers supplémentaires : il y a 30 ans un seul agent à l'ONCFS était chargé du sanitaire. Il y en a huit actuellement et pourtant, ils sont débordés à tel point que l'affectation de moyens supplémentaires devient impérative. À partir du 1<sup>er</sup> janvier 2020, l'ONCFS et l'AFB fusionneront pour devenir l'office français de la biodiversité (OFB), qui deviendra ainsi le principal opérateur public. Ses missions de recherche, d'expertise, de surveillance et de police sanitaire seront renforcées et étendues, notamment vis-à-vis des enjeux environnementaux, et devraient pouvoir bénéficier d'un dialogue interministériel renforcé, ce qui est très important pour améliorer la pertinence des politiques publiques.

### **Cas de la brucellose sur les bouquetins du Bargy**

Lorsque la crise a éclaté en 2013, il n'y avait aucune donnée sur la brucellose du bouquetin dans la littérature scientifique. Cette incertitude a conduit à neuf saisines successives de l'Anses. Les premières réponses de l'agence, qui ne pouvaient s'appuyer sur de la connaissance, ont fait état d'un maximum d'incertitude et formulé des propositions de scénarios et de mesures de gestion frustrées. Qui plus est, les données collectées arrivent souvent trop tard par rapport aux questions posées et à l'urgence signalée de la réponse en situation de crise.

Il est important dans un tel cas de figure de passer à une « gestion adaptative du risque », c'est-à-dire accepter de revenir sur des conclusions avec de nouvelles connaissances et les retours d'expérience. Un travail colossal a été fait par les scientifiques de

l'ONCFS au cours des cinq dernières années, nous savons actuellement que la maladie est sectorisée avec une prévalence d'infection plus forte au cœur du massif que dans d'autres zones. Ces nouvelles données ont été prises en compte par les mesures de gestion qui ont suivies.

#### ***Dissensus issu de la salle***

Au début de la crise, l'option de gestion envisagée par les autorités sanitaires, pour éradiquer la maladie, était d'abattre tous les bouquetins de cette population. Or, c'était impossible. Cependant, les autorités ont poursuivi dans la voie de l'abattage. Pourtant, une expérience italienne avait par ailleurs suggéré que la maladie n'était pas si facile à transmettre ni entre les bouquetins, ni du bouquetin aux bovins.

Dans ce cas, le fait d'avoir continué avec de l'abattage partiel (abattage qui continue actuellement), compte-tenu des connaissances, ne correspond pas à cette notion de gestion adaptative.

### **Éviter, réduire, compenser : quelle graduation des mesures de gestion ?**

La difficulté avec la gestion de crise, c'est que la réponse doit être rapide et que les différents enjeux ont des temporalités différentes : bloquer la maladie, acquérir des connaissances, prévenir les impacts sur les écosystèmes.

Au moment de la décision, les autorités ou les gestionnaires intègrent parfois d'autres paramètres, les décisions ne sont pas toujours dans la lignée des recommandations faites par les scientifiques ou les agences car elles doivent prendre en compte d'autres considérations.

Une des questions qui doit être posée avant toute prise de décision est : « est-ce que la réponse est obligatoirement d'intervenir sur le milieu naturel ? »

La situation est-elle grave à un point tel que l'on puisse accepter des impacts notables sur l'environnement (le plus souvent imprévisibles du fait du déficit de connaissance épidémiologique) ?

La tentation d'appliquer les principes énoncés en prophylaxie sanitaire des maladies contagieuses en élevage est forte, mais dans le contexte actuel d'effondrement de la biodiversité, n'y a-t-il pas opportunité d'introduire de fortes nuances dans les schémas décisionnels ?

Par analogie avec ce que prévoit le code de l'environnement en matière d'évaluation des projets d'aménagement, n'y aurait-il pas opportunité d'appliquer une séquence d'analyse de type « ERC » (éviter-réduire-compenser).

Renforcer la biosécurité des élevages en empêchant les contacts (clôtures) est une solution pour éviter de recourir à des mesures drastiques dans l'environnement. Cependant, la biosécurité ne permet pas toujours de gérer les contaminations indirectes. Par ailleurs, la biosécurité est parfois considérée comme une « double peine » pour l'éleveur qui pâtit de la crise et doit mettre des mesures en place sur le terrain, sans véritable appui dans bon nombre de régions, faute de moyens d'animation technique sur cette thématique. S'il y a consensus sur le fait que la montée en puissance de la biosécurité est une nécessité, en revanche, les conditions de cette montée en puissance ne semblent pas être réunies (déficit de moyens affectés notamment).

Introduire des nuances dans les schémas décisionnels implique une capacité à « se mettre autour de la table » et à accepter de mettre en œuvre des mesures de surveillance « en temps de paix », car le moment où la crise éclate n'est pas le meilleur pour se parler, se comprendre et faire émerger des innovations consensuelles. Il est important de développer les approches de planification et de surveillance, être plus intégratif et plus englobant. Le sanitaire ne se gère pas qu'en période de crise.

À titre d'exemple, les Parcs nationaux ont mis en place une stratégie de surveillance en cours d'évaluation par l'Anses qui permet d'anticiper les crises, d'intervenir en amont et d'éviter les mesures fortes et radicales de gestion de crise, comme les abattages.

Schématiquement, elle repose sur trois piliers : une amélioration de la connaissance, un renforcement de la surveillance sanitaire (événementielle et programmée) et la mise en commun des données de surveillance des différents réseaux (inter-opérabilité des bases de données). Cette gestion nécessite une sensibilisation des acteurs et de la prévention. Le statut d'espace protégé des cœurs de parc rend théoriquement impossible la mise en place de mesures d'abattage de la faune sauvage s'y trouvant, ce qui renforce la nécessité d'une stratégie de prévention pertinente.

Il est intéressant de graduer les mesures de gestion entre l'évitement et la réduction d'impact, même si le premier suppose d'avoir des connaissances. À défaut d'être introduit dans le droit, il faut impérativement l'introduire dans les principes de gestion de crise.

Pour que les scientifiques soient en mesure de réaliser une évaluation du risque en limitant les incertitudes, l'obtention de données de surveillance est impérative. C'est la raison pour laquelle la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) a créé des plateformes d'épidémiosurveillance, avec des groupes d'experts sur chacune des espèces et sur chacune des maladies prioritaires. Sur la faune sauvage, elle finance le réseau SAGIR à hauteur de un million d'euros, mais SAGIR n'est pas l'unique source d'information et il existe plusieurs autres réseaux comme les réseaux de surveillance sur les chiroptères (SMAC, Rage-chiroptères).

Les collaborations et la coordination des réseaux sont essentielles. Il conviendrait de structurer un réseau global sentinelle des maladies de la faune sauvage, elle-même sentinelle des trois santés, humaine, animale et environnementale. C'est en ce sens que les Parcs nationaux et l'ONCFS ont décidé de conjuguer leurs efforts, avec l'appui de VetAgro Sup.

Plusieurs questions restent posées pour une gestion optimisée des crises et ont été discutées avec les participants :

- Établir une hiérarchisation des risques pour mettre en œuvre une surveillance sanitaire plus ciblée, afin de prioriser les moyens humains et financiers.
- Consolider la mise à disposition des données sanitaires : leur mise à disposition peut être lente ou faite de manière réticente en raison des risques en termes de contrôle ou de visibilité de certaines pratiques que pressentent les collectifs tels que les chasseurs. Il convient désormais de construire une vision partagée autour des principes de gestion des maladies inter-transmissibles.
- Décider à partir de quel curseur l'action est déclenchée : Quelle action mettre en œuvre en situation de pré-crise ?
- Derrière la surveillance il y a des outils et des savoir-faire, or certains laboratoires techniquement capables d'accompagner la surveillance sur la faune sauvage disparaissent. En Île-de-France par exemple, le laboratoire de surveillance de la faune sauvage est menacé, car le Département envisagerait de supprimer sa subvention. L'épidémiosurveillance décline dans la région.
- Les autorités sanitaires ne disposent pas toujours de moyens de lutte. Dans le cas de la tuberculose, par exemple, il existe un seul vaccin, sous forme injectable, qui n'est pas envisageable pour traiter la faune sauvage (pour les blaireaux notamment, qui continuent à être abattus en Angleterre). Il n'y a pas de vaccin pour la peste porcine africaine, la seule mesure de gestion envisageable est le dépeuplement.
- Les lacunes de connaissances doivent faire l'objet de travaux interdisciplinaires pour permettre de développer des outils pour le futur. Par exemple : comment – s'il y a lieu – remettre les prédateurs ou les nécrophages dans l'écosystème pour gérer les risques sanitaires ? Comment modéliser les maladies et leur diffusion pour mieux mobiliser dans le temps les moyens de contrôle ?
- Comment financer une surveillance sanitaire à la hauteur des enjeux, dès lors qu'il est acquis que la faune sauvage est une sentinelle sanitaire pour les 3 santés ?
- On ne forme plus en entomologie en métropole, sauf en entomologie médicale et vétérinaire, où leur recherche se cantonne aux vecteurs de maladies.

- Enfin, ne faudrait-il pas renforcer l'éducation à la nature et au risque, une meilleure connaissance des risques liés à la fréquentation des espaces naturels étant une des composantes essentielles de la prévention des zoonoses infectieuses, par une adaptation des comportements ?

L'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) dispose d'une base de données qui fournit de l'information sanitaire sur 55 maladies circulant dans la faune sauvage. L'organisation va prochainement mettre en ligne un certain nombre de tests de diagnostics validés pour ces 55 maladies de la faune sauvage afin de donner des outils aux acteurs.

### L'approche « One Health »

Ce concept a permis une grande amélioration en matière de formation, de gouvernance et de gestion de projet, etc. Néanmoins, certains milieux professionnels pourraient être plus présents. Chacun a encore tendance à se réfugier dans son domaine de confort. Ainsi, les vétérinaires sanitaires libéraux interviennent relativement peu en la matière. Il serait possible de les former mieux et de les solliciter plus comme intervenants et experts de terrain. On gagnerait aussi à mettre l'écologie et les sciences des interactions complexes et du temps long dans les formations des professionnels du monde agricole. L'écologie est tellement importante qu'elle devra faire partie des « humanités » du 21<sup>e</sup> siècle. De même, une acculturation des cadres supérieurs de la Fonction publique en charge des gestions de crises, s'impose comme une nécessité pour atténuer au mieux le fonctionnement « en silo » de certains services, parfois préjudiciable à la recherche de solutions équilibrées.

Il y a indéniablement des difficultés à donner de la réalité au concept « One Health », or nous aurons de plus en plus de crises et le compartiment faune sauvage est de plus en plus impacté par des crises sanitaires : il faut s'y préparer. Il y a encore des blocages culturels, malgré une obligation d'anticipation collective. Il y a un consensus au sein des groupes de travail du Plan national santé environnement pour dire que changer de paradigme est important et que l'enjeu est de savoir comment construire une trajectoire différente collectivement.

La mutualisation sur le terrain est importante, à l'image de comités de suivi sanitaire mis en place par certains Parcs nationaux. Mais des progrès s'imposent pour faire émerger une vraie politique interministérielle et améliorer l'inclusion des acteurs concernés. Les réseaux, plateformes et groupes de travail divers devraient aussi faire intervenir les citoyens et les juristes, et de multiples acteurs car l'aspect social est fondamental dans l'acceptabilité des mesures de gestion. C'est déjà plus ou moins le cas dans les Parcs, où les agriculteurs et les organismes à vocation sanitaire sont associés à la gestion, voire sont pilotes de certains projets.

Des exemples de concertation positive avec les acteurs qui ne sont pas les acteurs de la gestion sont déjà mis en œuvre dans certains cas : des ateliers d'échange avec les élus sont mis en place sur « One Health » dans le cadre de la révision des documents d'urbanisme (Nouvelle Aquitaine).

Tout ceci nécessitera des investissements pour pouvoir changer de méthode de travail et assurer le virage méthodologique, coordonner les méthodes de surveillance et les questions de recherche. Mais ces investissements, temporaires pour certains, pourraient à terme nous faire économiser des sommes considérables.

Comme l'indique notamment l'exposé de Serge Morand, porter systématiquement atteinte à la Nature aura des conséquences à long terme, conséquences qui pourraient être bien plus coûteuses que des mesures d'évitement ou l'absence de mesures immédiates.

---

## Conclusion du grand témoin, Bernard Chevassus-au-Louis

---

En préambule, je vous propose cette citation de l'historien Jules Michelet, qui illustre ce qu'était au 19<sup>e</sup> siècle la conception occidentale « moderne » de la relation entre les humains et la nature : « Avec le monde a commencé une guerre qui doit finir avec le monde et pas avant. Celle de l'homme contre la nature, de l'esprit contre la matière, de la liberté contre la fatalité. Ce qui doit nous encourager dans cette lutte sans fin, c'est qu'au total la partie nous soit favorable. Des deux adversaires l'un ne change pas, l'autre devient plus fort. La Nature est la même, tandis que chaque jour l'homme prend quelques avantages sur elle. » (1834, Introduction à l'histoire universelle).

Ceci pour introduire mon premier questionnement : dans le cas de nos relations avec les maladies infectieuses, ne sommes-nous pas toujours dans ce paradigme à la fois guerrier et optimiste (la victoire finale approche !).

Pour aller plus loin et esquisser un nouveau paradigme, je vous propose, trois pistes de réflexions.

### 1/ Élargir la vision : les maladies infectieuses, un cas particulier des interactions entre micro et macro organismes.

On fait remonter aujourd'hui l'apparition des organismes pluricellulaires à au moins deux milliards d'années mais les bases de leur « dialogue » avec les microorganismes s'était ébauchées bien avant, dans les relations multiples (prédation, antagonismes, symbioses, commensalisme, etc.) qui s'étaient établies entre ces microorganismes depuis leur apparition, il y a 3,8 milliards d'années.

Par rapport à la multiplicité de ces relations, que nous ne connaissons et ne comprenons encore que très partiellement, l'apparition d'un phénomène de pathogénicité pour notre espèce ou pour nos animaux domestiques doit être considérée comme un trait « secondaire » (au sens évolutif) et marginale. Hélas, les microorganismes sont rentrés dans « notre » histoire par leur face obscure et nous avons d'abord tenté de lutter contre, avant de se rendre compte qu'ils avaient aussi des bénéfices.

Ces microorganismes ont profondément investi les macroorganismes et si ces derniers les ont tolérés, et même incorporés au sens propre du terme, c'est parce qu'ils en tiraient également quelques avantages importants, comme la capacité de digérer certains produits ou à se protéger contre d'autres microorganismes. On sait également que notre génome s'est construit en incorporant des fragments d'ADN issus d'épidémies anciennes et que notre placenta de mammifères est dû à l'expression régulée d'anciennes séquences virales.

Pour prendre de la distance, il faut donc se poser deux questions symétriques. La première, du point de vue des macroorganismes, est : « Pourquoi à un certain moment des phénomènes de pathologies émergent-ils ? » La seconde, plus fondamentale, pourrait être de se placer du point de vue des micro-organismes et de se demander : « Mais pourquoi continuons-nous à tolérer des macroorganismes sur la planète ? ».

Je ne donne que deux exemples pour illustrer ce questionnement. Le premier est celui de la légionellose, maladie « apparue » en 1976 et attribuée à diverses bactéries communes de la famille des legionellas. Ces bactéries n'étaient pas pathogènes « intrinsèquement ». À travers les climatiseurs, l'homme leur a offert un vecteur leur permettant d'avoir accès aux voies respiratoires humaines et y proliférer alors que dans l'eau libre, elles avaient uniquement accès aux voies digestives, sans y poser de problèmes de santé.

L'autre exemple est celui de la résistance aux antibiotiques. Lorsque l'homme a développé dans les années 1990 des OGM avec des gènes marqueurs de résistance à l'ampicilline, il s'est demandé si le fait de cultiver ces OGM ne favoriserait pas la diffusion des gènes de résistance dans l'environnement. Il a découvert qu'il existait déjà des gènes de résistance à l'ampicilline en grande quantité et d'une grande diversité dans les sols les plus anciens et les moins perturbés des prairies permanentes. Ceci est dû à un

dialogue ancien au sein de systèmes bactériens très évolués et conservés, les antibiotiques étant avant tout un mécanisme de lutte des bactéries entre elles.

## **2/ S'interroger sur les limites du concept de santé globale (One Health)**

Intégrer dans un même concept la santé des humains, celle des espèces domestiques animales et végétales et celle des écosystèmes permet incontestablement d'envisager des stratégies nouvelles favorables à la santé humaine. On mesure en effet de plus en plus à quel point certaines pratiques vétérinaires et phytosanitaires ou d'altération de l'environnement peuvent impacter la santé humaine. En outre, comme cela a été montré lors de ce colloque, l'exploitation de la biomasse et son appropriation par l'homme a un impact important sur la biodiversité et il y a une corrélation entre l'exploitation de cette biomasse et le fait que des maladies se développent.

Je poserai cependant deux questions. Tout d'abord, le taux de pression des humains sur la biomasse a culminé au milieu du 19<sup>e</sup> et était alors, en Europe occidentale, plus important qu'aujourd'hui. Il a ensuite diminué du fait de l'introduction des énergies fossiles et est à nouveau en augmentation. Il faudrait vérifier si les maladies infectieuses et les effets sur la biodiversité liés à l'augmentation de l'exploitation de cette biomasse étaient importants à l'époque. Il faut en effet prendre en compte la manière dont on exploite la biomasse : en 1914 il y avait 3 millions de chevaux, ils sont aujourd'hui moins de un million. Or ces trois millions de chevaux étaient certainement moins impactants que le million d'aujourd'hui, par exemple en raison du développement de l'usage d'antiparasitaires.

L'autre question est celle du caractère anthropocentré du concept de « One Health ». Est-ce vraiment une bonne nouvelle pour la biodiversité ? On a par exemple développé au cours de ce colloque l'idée que la santé des humains pouvait être considérée comme un « service écologique » de la biodiversité. L'idée germe alors de vouloir « améliorer » ce service et donc d'intervenir sur les écosystèmes pour les spécialiser dans cette fonction. Quand je vais dans d'autres colloques, je vois que d'autres voudraient spécialiser les écosystèmes pour qu'ils fixent davantage de carbone, d'autres encore voudraient qu'ils stockent plus d'eau, et le concept de « solutions fondées sur la nature » est à la mode.

À chaque fois, les conséquences pour la biodiversité, à court et surtout à long terme, de cette idée assez prométhéenne d'aménagement de la nature – après des décennies d'indifférence – méritent d'être interrogées, point que je vais développer dans ma dernière partie.

## **3/ S'adapter à un régime de preuve durablement faible**

Nous l'avons vu au cours de ce colloque, nos connaissances sur les liens entre biodiversité et maladies infectieuses sont encore fragmentaires, souvent conjoncturelles et cette situation rend difficile l'élaboration de stratégies de lutte. On pourrait espérer une amélioration progressive de cette situation mais je considère au contraire que cette situation d'incertitude est durable et que nous devons nous y adapter.

Elle est durable pour plusieurs raisons. Tout d'abord, l'essentiel des données repose sur des analyses de type épidémiologique, c'est-à-dire sur la recherche de corrélations. Il est en effet difficile, et même techniquement et surtout éthiquement inenvisageable, de se livrer à des expérimentations dans ce domaine. Or, on s'intéresse le plus souvent à des phénomènes multifactoriels : les corrélations élémentaires facteur par facteur ont donc peu de chance d'être très élevées.

Ensuite, dès qu'on identifie un pathogène précis, la recherche se concentre sur l'élaboration d'un vaccin ou un traitement, et se désintéresse des phénomènes sous-jacents capables de moduler ou d'amplifier la diffusion de ce pathogène. L'exemple bien connu des ulcères d'estomac causés par *Helicobacter pylori* est emblématique.

On ne mobilise en fait l'épidémiologie que lorsque les problèmes sont apparemment

insolubles par les approches « classiques », avec des agents pathogènes multiples et variables pour un même symptôme. Les corrélations sont donc uniquement recherchées sur les sujets difficiles, comme les mammites. Et souvent, elles ne sont pas trouvées...

Comment s'y adapter ? La proposition centrale est de considérer que ce domaine est un champ légitime d'application du principe de précaution et qu'il convient donc à la fois d'agir et faire progresser les connaissances dans un dialogue permanent et organisé entre ces deux volets. Les enjeux sont en effet suffisamment importants pour agir tout de même, mais en développant ce que j'appelle des stratégies « sans regrets », c'est-à-dire valable dans une large gamme de scénarios.

Trois principes devraient être au cœur de ces stratégies.

- **Le premier est d'éviter systématiquement que les actions envisagées n'impactent irréversiblement la biodiversité.**

Comme indiqué en introduction, nos stratégies d'action face à l'émergence d'un pathogène passent souvent par son élimination, ou celle de son porteur, sans réaliser d'analyse des conséquences de cette démarche sur les écosystèmes. La faune sauvage est souvent particulièrement visée par cette démarche, comme le montrent les exemples récents des bouquetins, renards, blaireaux, ou des oiseaux migrateurs.

Le cas de la rage est ici intéressant, car une politique d'éradication fait fi du comportement des renards. En effet ces derniers, pour tester si un congénère est mort, le mordillent avant d'envahir son territoire abandonné. Si on déclenche des abattages, on favorise ainsi la progression du front de rage.

- **Le second est de comprendre le « grand cycle » des agents pathogènes ou des produits thérapeutiques dans la « boîte noire » que constitue la biodiversité.**

Il faut par exemple évaluer systématiquement les impacts des traitements réalisés sur l'environnement. On sait par exemple que la genèse de la résistance aux antibiotiques dans les milieux naturels est aussi due à d'autres facteurs de contamination des milieux comme les métaux lourds ou les pesticides qui activent les mécanismes de résistance, d'où l'apparition de résistances à certains antibiotiques alors même que la biodiversité n'y a pas été exposée. Cet impact de la chimiosphère sur la biodiversité est un sujet mal connu et potentiellement majeur qui doit mobiliser la recherche.

- **Enfin, le troisième principe est d'investir davantage dans les écosystèmes humains que dans la modification des autres écosystèmes.**

J'y ai fait allusion précédemment, chacun d'entre nous est en fait un écosystème original, constitué et construit de cellules « humaines » et de microorganismes. A fortiori, nos sociétés, constituées d'individus divers, sont des « socio-écosystèmes » complexes. Comprendre dans cette optique les déterminants qui font que certains individus, certaines sociétés, sont plus sensibles et d'autres sont plus résistants et en tirer des stratégies portant sur notre espèce plutôt que sur les autres écosystèmes me semble donc une vision à promouvoir. A ce sujet, il y a des choses amusantes comme cette étude australienne indiquant que les buveurs de bière attirent plus les moustiques !

Je ne prétends pas que cette approche sera techniquement plus efficace, mais il me semble évident qu'elle est éthiquement préférable.

Pour illustrer ces deux dimensions, individuelle et collective, on peut revenir à « notre » microbiote, tant interne (intestinal) que périphérique (cutané), en le considérant comme un système dynamique. Au niveau individuel, la genèse de notre capacité de résistance dans l'interaction avec nos propres micro-organismes doit être mieux explorée. Piloter notre microbiote est complexe, mais on sait par exemple que les microbiotes des gens qui ne sont pas en contact avec la nature sont plus pauvres. Ils sont aussi plus différents d'un individu à l'autre, ce qui introduit la seconde dimension.

En effet, *a contrario*, les populations amérindiennes ont des microbiotes plus riches au niveau individuel mais moins diversifiés entre les individus. On peut donc considérer les microbiotes comme des « biens communs » et s'interroger sur la manière de les gérer collectivement pour lutter contre les infections. Il y a un rôle important de l'éducation pour comprendre ces interactions et mettre en œuvre des « bonnes pratiques », ce qui peut conduire à repenser – j'oserai dire à « refonder » - la notion d'hygiène.

---

## Clôture

---

### **Laurent Bergeot (Chef du service de la recherche, MTES)**

À quelques jours de la plénière de l'Ipbes qui se tiendra à Paris, je viens vous féliciter pour ce colloque riche d'échanges, de tables rondes concrètes et pratiques, de débats constructifs et points de vue différents qui montrent que la santé, humaine et animale, et l'environnement ne sont plus des mondes cloisonnés, dans l'intérêt de tous.

Les zoonoses, ou maladies infectieuses d'origine animale qui touchent les populations humaines, n'ont cessé en effet, au fil de l'histoire, de nous inquiéter. Or on l'a vu au fil de la journée, et cela a été rappelé ce matin par Christophe Aubel, directeur général de l'AFB et Hélène Soubelet, directrice de la FRB, un certain nombre de changements globaux et de pressions liés aux impacts de l'implantation et de l'activité humaine renforcent à juste titre ces inquiétudes. L'émergence ou la ré-émergence de certains virus transmis par les moustiques (comme le virus Zika outre-mer) ou de parasites en Corse, est aujourd'hui une réalité sur notre territoire.

L'effondrement de la biodiversité avec pour corollaires la simplification des écosystèmes, l'artificialisation des sols et la conversion des terres agricoles, associées à la mondialisation des échanges, des pathogènes et des espèces potentiellement envahissantes, tous ces facteurs augmentent les risques pour la santé humaine. La 6e extinction des espèces et le changement climatique représentent les deux faces d'une même crise globale « bioclimatique » qui pèse dorénavant sur les sociétés humaines au risque de provoquer et de favoriser la multiplication d'épidémies.

Je le répète : pour évaluer et prévenir ces risques, il est aujourd'hui essentiel que l'ensemble des acteurs de l'environnement et de la santé (scientifiques, gestionnaires des espaces naturels, acteurs des politiques publiques) s'emparent de la préservation de la biodiversité, du respect de l'équilibre des écosystèmes, comme d'un rempart et d'une sentinelle pour notre santé, plutôt que de les considérer comme un réservoir inépuisable d'agents pathogènes. La préservation de vastes surfaces naturelles, le retour de fonctionnalités dans les écosystèmes et la conversion de l'agriculture industrielle en réduisant les intrants et en reconstituant des réseaux écologiques (les haies par exemple) sont des préalables mis en avant par le plan biodiversité et par la stratégie nationale pour la biodiversité.

Adopter une vision systémique, globale, c'est l'esprit de l'approche « One Health », une seule santé, promue au départ par les instances internationales et que nous défendons aujourd'hui quotidiennement au ministère de la transition écologique, qu'il s'agisse du plan biodiversité lancé l'été dernier, de la 2<sup>e</sup> stratégie nationale sur les perturbateurs endocriniens qui sera bientôt adoptée, tout comme le 4<sup>e</sup> plan national santé environnement, « mon environnement, ma santé », en cours de construction cette année.

En ce qui concerne la prévention des maladies infectieuses, qui n'est qu'un aspect des multiples liens qui existent entre biodiversité et santé, nous pourrions nous appuyer sur les résultats de la revue systématique sur les effets bénéfiques de la biodiversité pour la prévention et la lutte contre les maladies, réalisée par l'AFB et la FRB dans le cadre du PNSE3, qui vous ont été présentés. Selon la même logique, nous avons soutenu une revue systématique pilotée par l'Inserm pour lutter contre l'antibiorésistance dans l'environnement et nous avons inscrit la nécessité de renforcer la connaissance dans ce

domaine dans le plan biodiversité. La recherche, mais aussi la surveillance, sont au premier plan des actions qui seront proposées pour utiliser la biodiversité dans la prévention et la lutte contre les maladies.

Nous mettons l'accent en ce moment au niveau du service de la recherche du ministère de la transition écologique sur le développement de travaux à la fois sur les liens entre environnement et santé, c'est-à-dire faisant rimer qualité des milieux et santé, mais aussi sur la restauration des milieux et écosystèmes. Il s'agit de documenter les constats pour mieux comprendre mais surtout pour réfléchir d'ores et déjà à des solutions. Cela nous renvoie au concept de solutions fondées sur la nature. C'est une logique qui nous paraît tout à fait nécessaire dans la perspective des grands rendez-vous internationaux sur la biodiversité en 2020 (congrès mondial de l'UICN à Marseille et conférence des parties à la convention sur la diversité biologique à Pékin) : comprendre les évolutions en cours et proposer des solutions aux effets néfastes que nous anticipons.

Je forme le vœu que les liens amorcés ou renforcés aujourd'hui persistent et fructifient dans les années qui viennent, pour que cette culture, cette vision globale gagne nos communautés de travail respectives, et nous permettent d'œuvrer pour un monde plus harmonieux et un environnement plus respectueux et protecteur de notre santé.

### **Jérôme Salomon (Directeur général de la santé, MSS)**

Il existe certainement des liens étroits entre l'environnement, le monde animal et la santé. Promouvoir une approche de santé globale dans les politiques publiques est important, le fait que cette journée Santé et biodiversité ait eu lieu au Ministère de la santé est un bon signe.

Cette journée a permis de dresser un état des lieux des connaissances sur les liens entre biodiversité et santé, notamment pour la prévention des maladies infectieuses.

La revue systématique, menée dans le cadre du PNSE3, a d'abord montré que peu d'études scientifiques traitent des liens entre biodiversité et maladies infectieuses. Ce constat est certes frustrant, car les connaissances accumulées ne sont pas encore suffisantes pour orienter l'action publique, mais est extrêmement stimulant car c'est un immense champ de recherches qui s'offre à nous.

Une table ronde a eu lieu ce matin sur la maladie de Lyme. Il faut d'abord revenir sur cette maladie qui est très intéressante car elle symbolise le lien fort qui existe entre notre environnement et notre santé. Il s'agit typiquement d'un sujet de santé globale. Les tiques font partie de notre environnement mais le rapport de l'homme avec la flore, la faune, a complètement changé. Ce n'est plus seulement une maladie du chasseur, du forestier ou du randonneur. C'est devenu une maladie de proximité car vous pouvez être exposé à une tique dans votre jardin, dans les parcs publics et pas seulement dans une forêt profonde.

C'est malheureusement aussi une maladie qui fait l'objet d'incroyables débats, notamment en raison de la méconnaissance médicale sur le sujet. Une tique n'a aucune raison de ne transmettre que des bactéries *Borrelia*, cela n'a aucun sens de parler de maladie de Lyme seule. La tique est une poche qui pompe tout un tas de bactéries, des parasites, des toxines, des champignons sur des mammifères et en réinjecte à d'autres, à votre chien, à vous. Lesquels sont pathogènes ou non ? On n'en sait rien. C'est là encore un immense champ de recherche qui s'ouvre à nous. Pas uniquement pour les chercheurs en médecine, mais pour les entomologistes, les vétérinaires, les agronomes...

Il s'agit d'identifier ensemble les mesures de prévention ou de lutte en agissant au niveau des vecteurs ou des réservoirs, ainsi que les mesures diagnostiques ou de prise en charge médicale qui s'imposent.

Au-delà de la maladie de Lyme, la direction générale de la santé est confrontée tous les jours à des maladies infectieuses en lien direct avec l'environnement : maladies transmises par les moustiques (tels que la dengue, chikungunya, Zika, West Nile, sans comp-

ter le paludisme à quelques jours de la journée mondiale du paludisme le 25 avril) ; épisode de bilharziose en Corse ; virus Ebola ou coronavirus du syndrome respiratoire du Moyen-Orient (MERS-CoV) pour lesquels les réservoirs sont animaux, etc.

On le sait : aujourd'hui l'essentiel des maladies infectieuses vient du monde animal et le changement climatique, les changements de pratiques dans l'équilibre Homme-Nature vont encore accentuer cette tendance.

Face à ce constat, et à un moment où l'usage des produits chimiques fait l'objet de débats, il nous faut investir dorénavant dans des mesures de prévention et de lutte biologiques, en s'appuyant sur la biodiversité, dans une perspective « One Health ».

Ce colloque contribue ainsi à la mobilisation du monde de la recherche sur cette thématique.

Des études spécifiques sont à mener, à partir de questions de recherche précises pour bien appréhender les effets de la dynamique des populations, étudier des fluctuations liées au climat, avec des équipes mixtes venant des deux mondes santé et biodiversité.

Les Alliances telles que l'Alliance nationale pour les sciences de la vie et de la santé (Aviesan) ou l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (AllEnvi) pourraient se saisir de cette belle thématique pour soumettre aux appels à projets scientifiques des projets de recherche innovants et pluridisciplinaires. Les résultats de la recherche opérationnelle permettront au monde de la santé d'agir sur le levier que constitue la biodiversité en matière de prévention.

Le PNSE3 (3<sup>e</sup> plan national santé environnement, 2015-2019) a commencé à tisser les liens entre biodiversité et santé. Il nous faut encore aller plus loin. Le prochain plan national « Mon Environnement, Ma Santé » (PNSE4) a vocation à renforcer encore le lien entre l'ensemble des actions portées par le Gouvernement dans le champ de la santé environnementale ; les enjeux de santé et de biodiversité doivent y trouver leur place.

Le ministère portera des actions de prévention emblématiques dans le cadre du comité interministériel à la santé, présidé par le Premier Ministre. Le prochain comité, prévu en 2020, sera justement consacré à la santé environnementale.

Ce colloque doit constituer le point de départ d'une mobilisation collective, chacun à son niveau :

- le ministère en premier lieu, peut faire progresser cet objectif et le porter à haut niveau ;
- les élus locaux et députés peuvent porter ces enjeux au plus près des préoccupations quotidiennes de nos citoyens ;
- les professionnels, collectivités doivent développer des actions de terrains pour tester des modes de gestions innovants ;
- et les experts et chercheurs doivent développer les connaissances.

Je souhaite remercier sincèrement la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), l'Agence française pour la biodiversité (AFB), l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), les Ministères en charge de l'environnement et de la recherche, qui ont été, aux côtés du Ministère des solidarités et de la santé, à l'initiative de cette journée et ont mené à bien son organisation ; le grand témoin, Bernard Chevassus-au-Louis, qui a apporté son regard expert sur les sujets abordés tout au long de cette journée et a su les mettre en perspective ; les intervenants et participants aux tables rondes, pour nous avoir fait partager leur expérience personnelle et avoir formulé de nombreuses propositions intéressantes ; tous les participants pour les échanges nourris que vous avez su nouer avec les intervenants ; Bruno Rougier qui a animé les deux tables rondes de la journée.