

# h&b

la revue d'humanité et biodiversité

HORS-SÉRIE 2015

Notre santé dépend-elle de la biodiversité ?

L'essentiel du colloque des 27 et 28 octobre 2014



## **Le Hors-série d'Humanité et Biodiversité : notre santé dépend-elle de la biodiversité ?**

- ➔ Directeur de la publication : Bernard Chevassus-au-Louis
- ➔ Coordinateur du numéro : Gilles Pipien
- ➔ Conception graphique : Julien Beluche (ma.crea@hotmail.fr)
- ➔ Imprimé avec des encres végétales sur papier certifié PEFC 100% :  
Imprimerie Centr'Imprim 36100 Issoudun
- ➔ Dépôt légal : juillet 2015
- ➔ ISSN : 2272-8805



**Humanité et Biodiversité**  
**110 bld St-Germain 75006 Paris**  
**Tél. 01 43 36 04 72**  
**E-mail : [contact@humanite-biodiversite.fr](mailto:contact@humanite-biodiversite.fr)**  
**[www.humanite-biodiversite.fr](http://www.humanite-biodiversite.fr)**

# PRÉFACE

*Hubert Reeves, président d'honneur d'Humanité et Biodiversité*

« *Notre santé dépend-elle de la biodiversité ?* » était la question posée au premier colloque scientifique national « Santé et Biodiversité », organisé par le Conseil régional Rhône-Alpes, Humanité et Biodiversité et VetAgro Sup, les 27 et 28 octobre 2014.

Encore une fois, il faut rappeler que la biodiversité est une dynamique d'interactions indispensables au maintien de la vie. Rien de mieux que ces regards croisés de chercheurs dans des disciplines différentes pour informer des travaux les plus récents sur les liens entre santé humaine, santé animale et végétale, et répondre à la question posée.

Élaborer des propositions d'évolution des politiques publiques en matière de recherche est un des objectifs car, bien sûr, un État responsable agit pour améliorer la santé de ses habitants.

Nous savons tous avoir besoin de la biodiversité pour tout ce qui nous fait vivre : respirer, manger, se vêtir... Elle est indispensable. Elle l'est pour être en bonne santé, non seulement physiquement et physiologiquement mais aussi psychologiquement.

Mais cette évidence est encore davantage ressentie à la lecture des actes de ce colloque qui permet de confronter les connaissances et les avis sur les enjeux de santé face à la perte ou la restauration de la biodiversité.

---

# SOMMAIRE

Préface .....	3
Le mot des organisateurs .....	5
Introduction .....	7
Le cadre du colloque .....	18
Message de Ségolène Royal .....	23
<b>Atelier A : le changement climatique induit-il une aggravation des maladies infectieuses émergentes ?</b> .....	26
<i>Agnès Leblond</i>	
<b>Atelier B : L'antibiorésistance, une réalité ?</b> .....	36
<i>Monique Chomarat, Florent Valour</i>	
<b>Atelier C : Microbiote, génome et exposome</b> .....	46
<i>Fabrice Vavre</i>	
<b>Atelier D : Ville, biodiversité et santé</b> .....	54
<i>Claire Harpet, Fabienne Cresci</i>	
<b>Atelier E : les zoonoses transmises par la faune sauvage gestion et crise sanitaire</b> .....	65
<i>Marc Artois</i>	
<b>Atelier F : la biodiversité comme médicament : les services écosystémiques pour la santé humaine</b> .....	75
<i>Bernard Chevassus-au-Louis</i>	
<b>Faune sauvage et antibiorésistances</b> .....	84
<i>François Renaud, Marion Vittecoq</i>	
<b>Crises sanitaires et principes de réalité</b> .....	90
<i>Luc Perino, Dominique Pontier</i>	
<b>Éthique et contrôle des maladies transmises par la faune sauvage</b> .....	99
<i>Marc Artois, Léonie Varobieff</i>	
<b>Conclusion</b> .....	107
<i>Gilles Pipien, Serge Morand</i>	
<b>Déclaration finale</b> .....	116
<b>L'association</b> .....	119

# LE MOT DES ORGANISATEURS

**Alain Chabrolle**, vice-président du Conseil régional Rhône-Alpes,  
**Stéphane Martinot**, directeur général de VetAgro Sup,  
**Christophe Aubel**, directeur d'Humanité et Biodiversité.

Persuadés que nous devons ensemble construire notre futur, face aux changements globaux, en misant sur le vivant, la biodiversité, nous avons pu engager nos trois structures dans une démarche convergente aboutissant à l'organisation de ce temps de réflexion pour l'action, qu'a été ce colloque scientifique national sur les liens entre santé et biodiversité.

C'est une équipe soudée qui a tout fait pour faire franchir un cap, et se placer comme force de propositions pour des politiques nationales.

La biodiversité est une réponse et une solution vis-à-vis des changements globaux dont nous sommes responsables. Et cette réponse et cette solution ne peuvent être que collectives et transversales. C'est pourquoi nous avons initié et soutenu ces rencontres entre scientifiques (médecins, praticiens de la santé humaine, vétérinaires, praticiens de la santé animale, écologues) mais, aussi entre scientifiques, acteurs (entrepreneurs, agriculteurs, associations, etc.) et décideurs.

Nous avons souhaité que ces regards croisés aident à généraliser les actions et appuient les nécessaires évolutions de politiques publiques. Nous avons bénéficié d'une excellente convergence avec l'actualité internationale et nationale. Tenant compte de la récente décision de la conférence des parties de la Convention sur la diversité biologique, qui s'est tenue en Corée, jusqu'au 17 octobre 2014, le colloque s'est conclu sur une déclaration finale, en vue de transmettre des propositions au Gouvernement, dans le cadre de la conférence nationale environnementale, de fin novembre 2014. Ces propositions ont complété le Plan national santé environnement (PNSE3), adopté en Conseil des ministres le 12 novembre 2014. Et nous tenons à remercier Madame la ministre en charge de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie pour son écoute, son soutien et son engagement.

Dès sa création en 1761, l'école vétérinaire de Lyon s'est penchée tant sur la santé humaine, *via* son alimentation, que sur la santé animale. L'établissement public VetAgro Sup, héritier en 2010 de cette vénérable institution, par fusion avec l'école d'agronomie de Clermont-Ferrand et de l'École nationale supérieure vétérinaire, a pour devise « Au cœur du vivant » et considère que les problématiques de santé animale et humaine doivent être étudiées ensemble.

Le Conseil régional Rhône-Alpes s'est engagé à cet égard fortement, notamment par ses politiques « Rhône-Alpes, la santé pour tous dans un environnement sain ». Face à la complexité des interactions du vivant, face au coût humain et financier de la détérioration de l'environnement sur notre santé, le Conseil régional soutient la recherche scientifique, la connaissance (par exemple avec la plateforme européenne d'écotoxicologie dans la Drôme), l'éducation à l'environnement, la formation et la mise en réseau, l'action (par exemple contre les PCB, les solvants chlorés, et les technologies propres et sûres... ou *via* la mise en œuvre de son schéma régional de cohérence écologique) et les partenariats, comme celui-ci. Le Conseil régional est

---

une des toutes premières Régions à avoir développé une politique intégrée santé-environnement.

L'association Humanité et Biodiversité, née en 1976, a choisi son nouveau nom (en 2011) afin de bien marquer sa conscience d'un destin lié. Nous considérons bien que nous ne vivons que dans un seul monde, avec une seule santé. La santé humaine, c'est la santé du vivant. L'avenir des humains passe par la biodiversité.

Lors de la XII<sup>e</sup> conférence des parties de la Convention sur la diversité biologique, en Corée, les États, dont la France très allante, ont pris un engagement fort pour la diversité biologique et la santé humaine, en particulier :

- En reconnaissant « *la valeur de l'approche "Un monde, une santé".. qui tient compte des corrélations complexes entre humains, micro-organismes, animaux, végétaux, agriculture, vie sauvage et environnement* » ;
- En encourageant « *les parties à tenir compte des liens entre la diversité biologique et la santé dans la préparation des stratégies et plans d'action nationaux pour la diversité biologique, les plans de développement et les stratégies nationales pour la santé...* ».

Ce colloque scientifique national « santé et biodiversité » a confronté les connaissances et les avis sur les enjeux de santé face à la perte ou la restauration de la biodiversité : « notre santé dépend-elle de la biodiversité ? ». Il a permis de partager des connaissances et de promouvoir des projets d'aménagement de l'environnement humain, permettant de tester la réalité des hypothèses d'amélioration de notre bien-être et de notre santé, dans un habitat où la richesse des espèces vivantes est développée.

Ce colloque a tenu toutes ses promesses et a parfaitement démontré que santé et biodiversité étaient intimement liées.

Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué à sa réussite, c'est-à-dire à l'émergence d'idées, et de propositions d'actions pour le vivant, pour l'humanité, tant les co-financeurs (le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, l'Agence régionale de santé Rhône-Alpes - ARS -, le LabEx Ecofect), que les membres du comité scientifique, les équipes et services de nos institutions, les étudiants mobilisés, et tous les participants.

# INTRODUCTION

**Gilles Pipien, Serge Morand**

Le sujet des liens entre santé et biodiversité pourrait *a priori* paraître une évidence, si l'on se réfère aux médecines traditionnelles ou aux jardins des herbes au Moyen-Âge. Plus proche de nous, l'enseignement de Pasteur ne nous plonge-t-il pas directement, *via* le monde microbien, dans un monde où notre santé dépend directement du vivant qui nous entoure ? Quoique, déjà, ce vivant apparaît hostile : Pasteur nous sauve de la rage par la ruse de la vaccination. Plus près encore, l'inventeur de la pénicilline, Alexander Fleming, nous a donné les moyens d'éradiquer les maladies infectieuses, c'est-à-dire les maladies que nous apporte le vivant, et ce monde grouillant des bactéries ; l'éradication de la variole est considérée, avec raison, comme une des grandes victoires de la science du XX<sup>e</sup> siècle.

Oui, mais voilà, cette bataille contre les bactéries n'est pas finie, et des médecins, comme le professeur Andremont, mais aussi l'Organisation mondiale de la santé, s'alarment : les bactéries résistent de plus en plus. Cherchez l'erreur !

Plusieurs éléments semblent pouvoir guider notre interrogation : tout d'abord, les humains ne sont pas des êtres ou machines à part, posés sur Terre, eux d'un côté, le vivant, agressif de l'autre ; ils sont des êtres vivants et font partie du vivant. Déjà on sent poindre des conséquences de cette erreur d'appréciation :

- 1- on utilise des produits toxiques pour les agresseurs, mais ils nous agressent en retour (Rachel Carlson est la plus célèbre des lanceurs d'alerte, dès les années soixante avec son fameux « printemps silencieux ») ;
- 2- on croit à la « barrière » d'espèces qui nous protégerait des agressions des maladies des animaux, pourtant, depuis la préhistoire, nos maladies principales sont des zoonoses issues des animaux domestiques, etc.

Ensuite, focalisés sur nos produits chimiques et leurs réactions simples (si on prend A, alors on a un effet B, en agissant sur C), on en oublie le fonctionnement même du vivant, sa continuelle capacité d'évolution :

- 1- si on met A, certes on agit sur C, mais des C survivent et transmettent leur propriété d'indifférence à A à leur descendance, voire à leurs voisins ;
- 2- si on met A, on n'a pas qu'un effet B sur C, mais sur plein d'autres de D à Z, et on les prépare tous à résister ;
- 3- en agissant sur C, on agit de fait sur tous les êtres en interrelation avec C, qui, justement, constituent système, écosystème, etc.

En fait, la médecine, que nous pourrions qualifier de chimique, semble avoir oublié et la réalité que l'humain est un être vivant, et le fonctionnement même de ce vivant. Or, pendant ce même XX<sup>e</sup> siècle, justement, la science écologique s'est développée, et montre bien aujourd'hui ce fonctionnement interdépendant des écosystèmes. Et même, plus récemment (mais les ethnologues comme Lévi-Strauss ne l'avaient-ils pas déjà souligné ?), on parle en fait plus de socio-écosystèmes, avec des imbrications des activités humaines, de l'économie, avec des impacts de la perception du vivant par les humains (et pas seulement entre ceux qui aiment les gentils chatons ou ceux qui détestent les méchants loups), où culture et sociologie s'entremêlent.

---

En y regardant de près, les écologues ont pu mettre en évidence des services que nous rendent ces écosystèmes, ce vivant, en particulier pour notre santé : le réservoir incroyable de principes pour pharmacopée, l'épuration des eaux, etc.

Mais suffirait-il de mieux connaître les dynamiques écosystémiques, voire socio-écosystémiques, pour faire évoluer la médecine ? Il est sûr que la formation des médecins à l'écologie serait utile. Les choses sont, comme toujours, plus complexes.

Il nous faut donc plus explorer cette complexité du lien entre biodiversité et santé.

C'est d'ailleurs ce qu'a fait l'équipe de scientifiques mobilisés par diverses grandes organisations internationales : l'OMS, la FAO, la CDB, l'UNESCO, etc. Il est intéressant de voir les thèmes abordés en survolant le sommaire du rapport « Connecter les priorités globales : biodiversité et santé humaine, état des connaissances » : qualité des eaux, qualité de l'air, biodiversité agricole et sécurité alimentaire, nutrition, maladies infectieuses, la biodiversité microbienne vue comme un service écosystémique, santé publique et pharmacopée, médecine traditionnelle, santé physique et mentale et services culturels des écosystèmes ; mais aussi, changement climatique, réduction des risques naturels majeurs, bio indicateurs et santé humaine.

Conférences internationales après conférences, le constat est fait d'une érosion de plus en plus rapide et inexorable de la biodiversité, couplée à un changement climatique hors contrôle. Les maladies infectieuses émergentes (l'épidémie d'Ebola...), les pollutions multiples, l'érosion de nos moyens de lutte contre les bactéries infectieuses (la montée de l'antibiorésistance) seraient quelques-uns de ces syndromes révélateurs d'une santé humaine (et animale) affectée par cette crise de la biodiversité.

Pourtant, la recherche est loin d'être unanime à démontrer qu'une baisse de biodiversité se traduit par une perte des fonctions de régulation des maladies infectieuses. De même, des études économiques suggèrent que le mode actuel de développement, basé sur une simplification des écosystèmes, contribuerait à une amélioration (globale) de la santé.

Où se situe donc le lien entre biodiversité et santé ?

Les débats dans les ateliers se devaient donc d'approfondir, et nous le fîmes suivant six thématiques, se recoupant d'ailleurs souvent. Voici les problématiques posées par ceux qui préparèrent les ateliers.

## **Le changement climatique induit-il une aggravation des maladies infectieuses émergentes ?<sup>1</sup>**

Depuis Hippocrate déjà, on sait que le climat affecte la santé. L'approche traditionnelle de ses effets est la recherche de corrélations entre variables climatiques et incidence des maladies. Mais cette approche en termes statistiques a ses limites car les effets du climat sur la santé sont aussi indirects par ses impacts sur les écosystèmes et la biodiversité.

---

1. Par Chantal Pacteau, Anna-Bella Failloux, Agnès Leblond



Depuis une vingtaine d'années, les recherches concernant les impacts sanitaires du changement climatique portent principalement sur les maladies infectieuses. Mais ces impacts sont complexes, variables et difficiles à étudier, car ils sont liés à de multiples facteurs. Outre les variables physiques (température, humidité...), il s'agit de décrypter les voies de transmission infectieuse (agents pathogènes, organismes hôtes, vecteurs de transmission, espèces-réservoir) en les articulant aux modifications liées aux activités humaines (modification de l'usage des sols, baisse de la biodiversité, flux mondiaux en tout genre).

Une approche de type EcoHealth est particulièrement pertinente pour aborder les questions climat-santé. Cette approche met en avant « *le partage des responsabilités et la coordination des actions globales pour gérer les risques sanitaires aux interfaces animal-homme écosystèmes* » et l'importance du « *renforcement des collaborations entre santé humaine, santé animale et gestion de l'environnement* ». Les connaissances doivent ainsi porter tout à la fois sur la santé des individus, les modifications des écosystèmes, la perte de diversité biologique, le changement global (dont le changement climatique), sans compter les systèmes sanitaires.

Cet atelier a pour but d'échanger connaissances, expériences et réflexions sur l'enchevêtrement des niveaux de savoirs et de réfléchir sur la nécessité de mobiliser des expertises croisées afin d'élaborer des pratiques d'anticipation et d'interventions en contexte de forte incertitude pour faire face à des situations d'émergence.

## L'antibiorésistance, une réalité<sup>2</sup>

Depuis leurs premières utilisations à des fins thérapeutiques, pendant la deuxième guerre mondiale les antibiotiques ont été, avec les vaccinations et les progrès de l'hygiène, l'un des trois piliers de la lutte contre les infections bactériennes.

Cependant, 70 ans plus tard, les antibiotiques sont en grand danger, car si leur consommation ne cesse d'augmenter dans la plupart des pays la résistance bactérienne croît de façon parallèle au point qu'elle serait responsable annuellement de 25 000 décès en Europe. Chronique d'une catastrophe annoncée, certes, depuis une vingtaine d'années, les scientifiques ne cessent de stigmatiser le mésusage des antibiotiques dans les domaines où ils étaient triomphants, comme étant à l'origine de leurs échecs croissants.

Cette dramatique constatation est faite à l'échelon mondial même si elle reste inégale d'un pays à l'autre. C'est la France qui détient en Europe le record de consommation d'antibiotique, comme l'a montré l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé dans un rapport 2013 qui en outre constate une augmentation de 3 % au cours des 5 dernières années.

Dans le même temps aux États-Unis, le Centre de contrôle et de prévention des maladies fait état de 23 000 décès annuels liés à l'antibiorésistance, insiste sur les mauvaises pratiques de prescription dans les hôpitaux et appelle à une action urgente. Le 18 novembre 2013, lors de la sixième Journée européenne de sensibilisation à l'usage des antibiotiques, le Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (ECDC) présente

2. Par Patrice Courvalin, Antoine Andremont, Jean-Yves Madec, Jean Carlet et Dominique Peyramond

---

des données inquiétantes sur la progression de l'antibiorésistance, en provenance de 30 pays. Enfin, en mai 2014, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) dresse un tableau très complet de la résistance actuelle aux antibiotiques affectant aussi bien les bactéries rencontrées en pathologie humaine que les bactéries zoonotiques, et met en garde contre cette grave menace pour la santé publique dans toutes les régions du monde.

Cette situation est d'autant plus préoccupante que peu de nouveaux antibiotiques ont été mis sur le marché depuis dix ans et on sait que peu de nouvelles molécules sont en cours d'essai. Cette pénurie en nouveaux agents antibactériens efficaces est indiscutablement un problème majeur de santé publique. Sans une réponse collective rapide, il est certain que des infections vont devenir de plus en plus difficiles, voire impossibles à traiter, et certaines situations médicales à hauts risques infectieux (transplantations, chirurgie lourde, traitements immunosuppresseurs...) pourront apparaître trop dangereuses pour être entreprises. Dès à présent, certaines infections non seulement nosocomiales mais de plus en plus souvent communautaires liées à des bactéries multi-résistantes occasionnent de grandes difficultés voire des échecs thérapeutiques. La situation peut devenir dramatique lorsqu'il s'agit d'infections contagieuses comportant un risque majeur de dissémination. Ainsi le profil de la tuberculose est en train de se modifier avec l'apparition de souches de *Mycobacterium tuberculosis* mono (MDR) ou multirésistantes (XDR) qui diffusent rapidement à partir des pays d'Europe de l'Est ou d'Asie mineure où ces souches peuvent représenter jusqu'à 30 à 40 % des isolats.

La *World Alliance Against Antibiotic Resistance* (WAAAR), mouvement fondé par un ancien réanimateur parisien Jean Carlet, milite pour la mise en place rapide de plusieurs actions. Celles-ci passent par la prise de conscience du danger par tous les acteurs grâce à des campagnes d'information et d'éducation tout autant orientées vers le grand public que l'ensemble des professionnels de santé, pour un emploi plus rationnel des antibiotiques, l'inscription du « concept d'antibiotique » au patrimoine mondial de l'humanité par l'UNESCO, la mise en place de plans nationaux de lutte contre la résistance bactérienne dans chaque pays, la création d'observatoires nationaux de la consommation des antibiotiques, la prise en compte (beaucoup plus que cela n'est fait actuellement) des données fournies par les centres de références nationaux de la résistance bactérienne, et surtout l'application d'une vraie politique de l'antibiothérapie dans les hôpitaux, la ville, l'élevage, l'aquaculture... Il semble important aussi de développer de nouveaux tests diagnostiques fiables pour favoriser un traitement antibiotique rapide et ciblé, et enfin de favoriser la recherche fondamentale et appliquée avec le développement de nouveaux traitements et vaccins antibactériens.

En France, le Plan antibiotiques 2011-2016 du ministère de la santé fixe un objectif chiffré en matière de réduction des consommations de 25 % d'ici 2016, avec 3 axes stratégiques : renforcer l'efficacité de la prise en charge du patient (avec des actions de mobilisation et de formation des prescripteurs), préserver l'efficacité des antibiotiques existants (en surveillant leur consommation et les résistances), et promouvoir la recherche de nouvelles molécules. Parallèlement, le ministère de l'Agriculture a mis sur pied le plan national « Ecoantibio » dont l'objectif est de réduire de 25 % l'usage des antibiotiques en médecine vétérinaire sur une période de 5 ans (2012-2017) pour préserver durablement l'efficacité de l'arsenal thérapeutique pour la santé animale et la santé humaine. Face au danger que représentent les

antibiotiques en élevage, l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses) préconise l'abandon de leur usage en prévention dans son rapport publié le 20 juin 2014.

S'il est de plus en plus reconnu que la faune sauvage doit avoir un rôle majeur dans l'émergence et l'évolution de l'antibiorésistance, les données et informations scientifiques demeurent rares et éparées. Pour pallier cette carence, il devient primordial de combler les lacunes de nos connaissances actuelles. Quatre questions principales devraient être abordées pour atteindre ce but :

- 1- Quelles bactéries résistantes sont les plus fréquemment observées chez les animaux sauvages ?
- 2- Dans quels écosystèmes et habitats se rencontrent-elles ?
- 3- Ces résistances sont-elles associées à des caractéristiques écologiques particulières des espèces hôtes ?
- 4- Où et comment se font les échanges de ces antibiorésistances entre la faune sauvage et les autres compartiments concernés?

Plus globalement, les milieux naturels eux-mêmes sont un lieu privilégié d'émergence d'antibiorésistances, en particulier *via* les conséquences des agressions/stress environnementaux qu'ils subissent (pollutions, métaux lourds...). On peut s'interroger par exemple sur les effets de concentrations de faibles doses en cocktail de polluants. Ceci amène à approfondir les enjeux de l'écologie microbienne, et à se pencher sur des solutions concernant justement ces agressions des milieux naturels (que faire dans les stations d'épuration par exemple ? etc.).

Les réponses à ces axes sont indispensables pour relever le défi de la lutte contre l'antibiorésistance. Ainsi, il paraît de plus en plus nécessaire de mettre en place des observatoires de la diffusion des bactéries antibiorésistantes dans le milieu extérieur et particulièrement de mesurer l'évolution de la contamination de la faune domestique mais aussi de la faune sauvage par des espèces bactériennes porteuses des gènes de résistance. De la même façon, il est tout aussi important de surveiller la contamination du milieu extérieur par des résidus antibiotiques éliminés par les déjections humaines ou animales.

### Microbiote, génome et exposome<sup>3</sup>

L'émergence de nouvelles maladies est généralement liée à des modifications environnementales récentes, comme la fragmentation des habitats, l'intensification de l'agriculture et de l'élevage, l'utilisation massive de xénobiotiques (antibiotiques, anti-parasitaires, pesticides, insecticides, etc.), et les changements de mode de vie. Le rapport entre biodiversité et apparition de maladies reste complexe et les mécanismes précis demandent à être compris, surtout en considérant que les risques pour la santé humaine sont considérables (cas emblématique de H1N1 par exemple). À la diversité écologique (interspécifique), s'ajoute la diversité intraspécifique, qui est primordiale pour lutter contre les maladies infectieuses. En effet, aucun parasite ne peut être parfaitement adapté à tous ses hôtes si ceux-ci sont hétérogènes. En revanche, dans une population génétiquement homogène – comme certaines populations agricoles – une souche d'un pathogène

3. Par Michel Raymond, Frédéric Thomas, Fabrice Vavre et Dominique Pontier

---

parfaitement adaptée peut émerger, conduisant à des pertes de productions considérables.

Mais la relation entre biodiversité et émergence des agents infectieux n'est certainement pas simple. En effet, si le génome joue un rôle déterminant, du fait de son histoire évolutive, dans la résistance ou la susceptibilité à un agent infectieux ou une maladie, sa modulation par l'environnement au cours du développement d'un individu intervient aussi : le génome est ainsi modulé par l'exposome, ensemble des expositions environnementales d'un individu depuis sa conception. Le défi de l'atelier est de cerner les rapports entre biodiversité de l'environnement proche et santé, qui demande également d'intégrer une approche évolutionniste.

### *Variabilité intraspécifique et santé : quelles échelles considérer ?*

L'espèce humaine, *Homo sapiens*, présente une grande variabilité génétique et culturelle. Cette variabilité n'est pas distribuée aléatoirement : généralement, les individus d'origines géographiques proches sont également génétiquement et culturellement proches, même si chaque individu reste unique.

Ainsi, il existe des adaptations locales dans l'espèce humaine, c'est-à-dire des traits – génétiques ou culturels – partagés au sein d'un groupe et qui participent à une meilleure survie ou reproduction dans un certain contexte. Ces adaptations peuvent être d'ordre environnemental (adaptation à l'altitude, aux UV, au froid...), parasitaire (résistance à la malaria...), alimentaire (tolérance au lactose, amplification des amylases, épices dans l'alimentation comme anti-parasitaire, etc.).

Il existe également des différences entre certaines catégories (hommes et femmes, jeunes et adultes, etc.) et des différences individuelles qui procèdent de différences génétiques, de situations sociales ou professionnelles et de choix de vie (alimentaires, etc.). La flore intestinale (microbiote) est également variable entre les individus, et on découvre qu'elle est de plus en plus liée à la santé de l'individu qui la porte. De plus, les histoires individuelles modulent cette variabilité au travers de la plasticité, de l'épigénétique, etc.

Actuellement, toutes ces catégories ne sont pas prises en compte lors des essais cliniques des médicaments : la médecine occidentale considère peu les différents groupes ethniques, hommes et femmes, enfants et adultes, jeunes et vieux, etc., ce qui conduit alors à des ajustements *ad hoc* et à une augmentation des effets secondaires dans les catégories non testées (par exemple les Asiatiques nécessitent une dose d'antidépresseurs correspondant à la moitié de celle recommandée pour les Caucasiens). Le développement de la médecine personnalisée est essentiellement basé sur des approches génétiques en omettant totalement la possibilité d'autres types de variations...

À toutes ces échelles, depuis les groupes jusqu'aux microbiotes, des interactions avec des problèmes de santé peuvent donc potentiellement émerger. Entre la médecine modulée au niveau microbiotique, individuel, ou ethnique, tout un champ de possibilités est offert. Comment avancer dans ce contexte de diversité, le but étant bien sûr de maximiser la santé des individus ?

### *Faut-il éradiquer les parasites ?*

Si l'homme a toujours vécu au contact de nombreux parasites, ce n'est toutefois plus le cas dans de multiples régions du monde car, à la suite de changements environnementaux ou sociaux marqués, les contacts avec les organismes pathogènes ont fortement été diminués. Mais *in fine*, ces réductions parasitaires sont-elles souhaitables ? L'homme a-t-il raison de chercher constamment à éradiquer ces parasites ? Des conséquences positives sont indéniables étant donné les effets délétères importants de beaucoup d'entre eux. Mais la réduction des contacts parasitaires a aussi des conséquences négatives sur notre santé, du fait de la coévolution hôte-parasite qui a créé des interactions complexes. Par exemple, les parasites intestinaux comme les helminthes ont développé la capacité de réguler l'immunité de type II afin d'augmenter leur survie. La régulation du système immunitaire a évolué en retour, afin de rétablir une expression normale en présence des helminthes. En supprimant soudainement ces vers intestinaux, on provoque un dysfonctionnement immunitaire, car on supprime dans le même temps le facteur régulateur qu'étaient les helminthes, ce qui aboutit à une réaction immunitaire inappropriée (autoimmune). Par ailleurs, des phénomènes d'interférence existent entre pathogènes. Dans quelle mesure l'éradication d'un pathogène laisse-t-elle alors la porte ouverte à d'autres pathogènes, potentiellement plus virulents ?

Ainsi, si la suppression brusque des parasites amène souvent à des améliorations de santé du fait de leurs effets négatifs, on assiste parfois à des détériorations du fait des liens complexes sélectionnés au cours des interactions durant l'histoire évolutive. La recrudescence de diverses pathologies (e.g. allergies, la maladie de Crohn, le diabète de type 1, et l'asthme...), pourrait trouver son explication dans ces phénomènes. De même, les perturbations du microbiome, conséquences des antipathogènes comme les antibiotiques, semblent avoir des conséquences dont on commence seulement à mesurer les effets sur la santé.

La prise en compte de l'évolution des interactions entre l'homme et ses parasites est certainement pleine d'avenir, en apportant en particulier une vision moins manichéenne et pouvant s'ouvrir sur des applications inattendues pour améliorer la santé.

## **Ville, biodiversité et santé : services de la biodiversité pour la santé en ville<sup>4</sup>**

La ville du XXI<sup>e</sup> siècle est un territoire sur lequel se rencontrent les grands défis de la vie et du vivant. Même si la nature est historiquement présente dans les villes depuis le début de l'urbanisation, elle est actuellement présente dans les documents de planification et d'aménagement des villes sous forme de « biodiversité » : gestion différenciée des espaces verts et des jardins partagés, réouverture et valorisation des zones humides, aménagement des trames vertes et bleues, politiques « 0 phyto », chartes « biodiversité urbaine », etc. Ces nouvelles politiques de nature en ville sont accompagnées d'un changement dans les perceptions et les usages urbains à l'égard de celle-ci. Face à cette montée en puissance des enjeux de biodiversité en ville, quels

4. Par Fabienne Cresci, Anne-Caroline Prévot, Claire Harpet, Dominique Pontier, Frédéric Ségur et Olivier Freret

---

regards les communautés scientifiques – médecins, vétérinaires, écologues, sociologues, philosophes – portent-elles sur la santé et le bien-être des citoyens ? Biodiversité urbaine rime-t-elle véritablement avec santé humaine, ou bien n'est-elle qu'une utopie de plus à l'œuvre dans le paysage urbain ? Réfléchir sur la biodiversité présente dans des lieux dévolus à l'humain (les villes) n'est-il pas une occasion de repenser notre rapport au vivant en général, dans une perspective holiste et systémique ?

L'atelier propose de discuter de ces questions en deux temps, organisés comme une discussion-débat à partir d'exemples.

### *Risques et bienfaits de la biodiversité en ville pour la santé et le bien-être des citoyens*

Nous discuterons ici des bienfaits et des risques associés à la présence de biodiversité en ville : quels services pour les citoyens peut apporter la biodiversité (réduction des îlots de chaleur, lutte contre le ruissellement et l'érosion, lieux de loisirs et de restauration mentale, lien social) ? Quels risques la présence d'espèces animales et végétales (domestiques, commensales et sauvages) peut-elle entraîner (allergies, transmissions de pathogènes, peurs et phobies, conflits sociaux) ? Peut-on et veut-on dépasser des objectifs simples d'aseptisation de la ville par précaution pour intégrer la complexité du vivant dans une réflexion intégrée ?

### *Biodiversité urbaine et sécurité sanitaire : responsabilité du politique*

L'entrée de la biodiversité dans les espaces urbains s'accompagne souvent de tensions entre les acteurs, humains et non-humains, notamment dans le champ de la sécurité sanitaire (gestion des épidémies, mais aussi bien-être des citoyens dans un contexte de densification urbaine). En particulier, la question se pose de l'interférence entre les questions de santé et de bien-être des citoyens et les enjeux de conservation dans les politiques d'accueil de la nature en ville.

Nous discuterons ici de la responsabilité du politique dans la gestion de ces questions : existe-t-il des réponses générales ou les questions doivent-elles être traitées en fonction du contexte (géographique, historique, écologique et social) ? L'accueil de biodiversité urbaine est-il l'occasion de renouveler les gouvernances locales et de créer des conditions de nouvelles responsabilités/acquisitions de pouvoir (*empowerment*) citoyennes ? Quel héritage peut-on tirer de l'histoire des politiques de nature en ville ?

## **Gestion sanitaire ou crises sanitaires ?<sup>5</sup>**

Une crise sanitaire éclate lorsqu'une maladie apparaît brutalement et affecte un domaine qui semblait auparavant protégé par l'organisation du marché ou de la vie publique. Ces crises peuvent avoir un lien avec la biodiversité, car une ou plusieurs espèces animales sauvages sont mises en cause dans le processus de transmission d'un agent pathogène à l'homme ou aux animaux domestiques (la rage du renard, la grippe aviaire, la tuberculose du blaireau, récemment la brucellose des bouquetins des Alpes). Dans cette situation la barrière des espèces, censée protéger l'homme de l'agression

---

5. Par Jean-Luc Angot, Bernadette Murgue, et Marc Artois

des agents pathogènes animaux, menace d'être franchie et d'ouvrir la voie à une pandémie. Mais les rats qui fuient les caves infestées de peste, certes apportent la maladie, mais nous préviennent aussi de son imminence. Dans bien des exemples (fièvre du West Nile), les animaux sauvages sont les victimes prémonitoires des épidémies et donc les sentinelles du danger (comme l'était le canari des mines de charbon).

Par quel mécanisme la protection sanitaire des populations humaines ou des intérêts économiques, conduit-elle à préconiser la destruction d'espèces sauvages, composant la charpente fonctionnelle de l'environnement naturel et humain ? En détruisant notre propre environnement, apportons-nous une solution durable à la menace pandémique ou sabordons-nous l'arche de Noé ?

La gestion sanitaire du risque de passage des microbes de l'animal à l'homme, et la prévention de ce risque conduit à prendre en compte la faune sauvage comme réservoir de pathogène. Mais depuis l'invasion de la rage du renard il y a quarante-cinq ans, qu'avons-nous appris du rôle épidémiologique joué par les populations animales sauvages ? La gravité des conséquences du contact infectieux avec les animaux sauvages, n'est-elle pas, exagérée, ou au contraire méconnue ? Des lacunes subsistent dans la connaissance des modes de transmission, notamment dans le rôle des vecteurs, des espèces qui entretiennent l'infection et des animaux qui assurent la liaison à l'homme ou au bétail ; des connaissances permettent d'améliorer considérablement la protection de la santé humaine ou animale, sans détruire des populations animales. Quel retour d'expérience peut améliorer la résolution des problèmes à venir ?

Des chercheurs sont actifs dans de nombreux domaines liés aux problématiques des maladies transmissibles émergentes. Des progrès ont été accomplis mais le lien avec les décideurs (l'autorité) est lent et difficile à établir. Des lieux d'intermédiation chercheurs/décideurs se mettent en place, mais de façon encore récente et le public en perçoit mal les effets sur l'anticipation et la gestion des crises.

Il reste des incertitudes sur l'évolution des situations de transmission d'agents pathogènes à l'interface des populations humaines et animales, domestiques ou sauvages. Dès lors, quel rôle joue l'emballement médiatique qui accompagne et amplifie ces crises ? Pourquoi et comment les réactions de précaution conduisent à imposer des mesures délétères pour l'écosystème ? Coincée entre la pression publique exigeant une réponse rapide et l'incertitude sur l'évolution du phénomène, l'autorité doit maîtriser la transmission du microbe à la cible humaine ou à son cheptel : les mesures prises sont alors souvent accompagnées de conflits entre parties prenantes (éleveurs et naturalistes) ou entre le public et l'autorité. Dans la maîtrise de la communication publique, il est essentiel d'éviter la propagation de rumeurs qui peuvent conduire des personnes à s'exposer, ou à exposer leur cheptel, au danger de contagion : où, quand et comment se mettre à l'abri ? L'information pertinente peut se transmettre par les réseaux sociaux. Comment utiliser ces réseaux, sans être utilisés par eux ?

Les thématiques de recherches à approfondir pour améliorer la gestion de ces risques portent donc, non seulement sur des aspects écologiques ou médicaux, mais aussi sur les dimensions anthropologiques, sociales et politiques de l'information et de la communication.

---

## La biodiversité comme médicament, les services écosystémiques pour la santé humaine<sup>6</sup>

Nous sommes entrés dans l'Anthropocène, cette nouvelle période géologique où l'espèce humaine est en mesure d'agir directement sur les grands cycles géochimiques, le climat et la biosphère. Le changement climatique, la baisse de biodiversité, les modifications de l'usage des terres et l'intensification de l'utilisation des ressources vivantes sont des facteurs de dégradation des écosystèmes. Parallèlement, mondialisation et développement économique s'accompagnent d'une baisse sans précédent de la diversité culturelle (savoirs locaux, langues). La dégradation du fonctionnement des écosystèmes et les pertes de biodiversité sont des facteurs aggravants des risques sanitaires et notamment des maladies infectieuses zoonotiques. Un lien entre santé des écosystèmes et santé humaine et animale est clairement exprimé par les chercheurs et relayé par les grandes organisations internationales (OMS, OIE, FAO).

Les services écosystémiques ont été définis par l'« Évaluation des écosystèmes pour le millénaire » en 2005 (« *Millennium Ecosystem Assessment* ») comme étant les bénéfices que les personnes et les sociétés obtiennent des écosystèmes, ce qui inclut des services d'approvisionnement (eau, alimentation, ressources médicaments, etc.), de régulation (inondation, climat, maladies, etc.), culturels (spiritualité, récréation, etc.) et de support (cycles biogéochimiques, pollinisation). Tout changement de l'état de la biodiversité est donc susceptible d'influencer la contribution des services écosystémiques au bien-être humain. Parmi les bénéfiques (ou aménités) en termes de santé des services fournis par les écosystèmes, on peut citer la fourniture de nouveaux médicaments (service d'approvisionnement), la bonne santé de la faune sauvage (service de support) ou le contrôle des maladies affectant les végétaux, les animaux et les humains (service de régulation). L'identification de ces bénéfiques questionne le maintien et la rétribution des savoirs (traditionnels) humains, l'assurance d'une bonne santé de faune sauvage (insectes pollinisateurs) ou la définition et la construction de services écosystémiques de régulation des maladies.

La gouvernance internationale, nationale et locale est également en jeu. Ainsi, le Protocole de Nagoya (2010), réglant l'accès et le partage des avantages (APA) et à l'intégration (et assimilation) de la diversité culturelle (les « savoirs traditionnels ») comme un élément de la biodiversité, a imposé l'accord des pays pour l'exploitation des ressources (en y intégrant les savoirs traditionnels) et la détermination des modalités de répartition des rétributions. Près de 10 ans après la formalisation de la notion de service écosystémique, la « Plateforme internationale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) » a émergé en tant qu'institution internationale essentielle pour mobiliser l'expertise scientifique internationale en biodiversité. Aux échelles locales, la prise en compte de la biodiversité et de la santé dans les politiques d'aménagement devrait conduire à développer une ingénierie environnementale orientée vers la santé publique. Le dialogue entre conservation et santé doit être renouvelé (à l'aide de discipline intégrative comme l'« écologie de la santé » ou la « médecine de conservation »). Ce dialogue entre acteurs, décideurs et riverains doit permettre une co-construction des services écosystémiques et un développement méthodologique de leur évaluation, fondés scientifiquement et acceptés socialement.

---

6. Par Serge Morand et Bruno David



## Des regards croisés

En fait, on voit bien d'une part des ambivalences (comme : le changement climatique cause majeure de dysfonctionnement ou plutôt la mondialisation et la gestion des milieux ? ou comme : biodiversité danger pour les urbains ou biodiversité bienfait pour la santé en ville ? etc.) et d'autre part des recoupements. Par exemple, la question de la compréhension et de la connaissance du fonctionnement des écosystèmes et du vivant ressort comme un enjeu majeur. À commencer pour les écologues : trop longtemps la focalisation sur la protection de la biodiversité s'est traduite par une approche par inventaires d'espèces, voire plus récemment d'habitats. Les écologues doivent se plonger plus dans les dynamiques à l'œuvre dans le vivant, dans la composition chimique des agressions des milieux, dans leurs réactions à ces agressions.

Mais, surtout, dès ces questionnements, on note l'importance de regards interdisciplinaires. On sent que l'écologie a à gagner des questions des médecins ou des médecins-vétérinaires, et que la médecine, ou la médecine vétérinaire a à gagner des écologues.

Enfin, partout, les sciences humaines apparaissent comme essentielles pour comprendre, et ensuite mieux agir : ethnologie, sociologie, économie, urbanisme, psychologie, philosophie, droit, etc.

Notre santé dépend-elle de la biodiversité ? Une vaste et riche question !

---

# LE CADRE DU COLLOQUE

Le colloque national scientifique « Santé et Biodiversité », organisé par VetAgro Sup et Humanité et Biodiversité, sur l'initiative et avec le soutien du Conseil Régional Rhône-Alpes, sous l'égide de l'OIE (Organisation Mondiale de la Santé Animale), avec la participation et le soutien du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, ainsi que de l'Agence Régionale de Santé Rhône-Alpes, de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse et du LabEx Ecofect, a souhaité permettre, par des regards croisés pluridisciplinaires, le point des avancées scientifiques et des expériences concrètes pour répondre à la question « notre santé dépend-elle de la biodiversité ? », et élaborer des propositions d'évolution des politiques publiques, en ayant en tête le champ d'innovation des entreprises.

Au niveau international, le concept « One World, One Health » a émergé, pour bien faire prendre conscience que l'humanité fait partie et dépend, en particulier pour sa santé, de la biodiversité, et de la santé de cette biodiversité. Peu de publications toutefois se placent à la croisée des trois mondes de la médecine, de la médecine vétérinaire et de l'écologie. On peut citer l'ouvrage publié en 2008 sous l'égide de l'ONU : « Sustaining Life : How human health depends on biodiversity » (Éric Chinian and Aaron Bernstein, Oxford University Press).

Mais l'avancée majeure récente est constituée par la décision de la XII<sup>e</sup> conférence des parties de la Convention pour la diversité biologique, lors de sa session en Corée d'octobre 2014<sup>1</sup>, engageant notamment les États à « *tenir compte des liens entre la diversité biologique et la santé dans la préparation des stratégies et plans d'action nationaux pour la diversité biologique, les plans de développement et les stratégies nationales pour la santé...* ». Cette décision s'appuie sur l'avancement du rapport mondial<sup>2</sup> « *Connecter les priorités globales : biodiversité et santé humaine, revue des connaissances* ».

Une conférence nationale avait été organisée à Aix-en-Provence, en 2011, avec le soutien des trois ministères en charge de la Santé, de la Recherche et de l'Écologie / Développement durable. Ce dernier ministère dispose désormais d'un rapport de son inspection générale (CGEDD, juin 2013<sup>3</sup>). Et les trois, du récent rapport interministériel d'évaluation du PNSE 2<sup>4</sup>, qui préconise un plan d'action santé et biodiversité.

Le gouvernement vient tout récemment d'adopter (présentation en Conseil des ministres le 12 novembre 2014) le nouveau Plan national santé-environnement (PNSE 3), qui comporte de nombreuses actions en santé-biodiversité<sup>5</sup>.

1. Voir : <http://www.cbd.int/doc/meetings/cop/cop-12/insession/cop-12-L-29-en.pdf>

2. Voir : <http://www.cbd.int/en/health/stateofknowledge>

3. Voir : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/134000381/0000.pdf>

4. Voir : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/144000002/>

5. Voir : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Plan-national-sante-environnement,41393.html>

Avec le soutien de deux associations, Humanité et Biodiversité, d'une part, et l'ASEF (Association santé environnement France), d'autre part, un ouvrage collectif est paru en avril 2013 (« Notre santé et la biodiversité », Buchet Chastel, lancé au ministère de la Santé le 3 avril 2013). Par ailleurs, ici et là, des municipalités, des établissements de soin, etc. mènent diverses expériences comme celles des jardins thérapeutiques au CHU de Nancy, ou de jardins bio partagés en Rhône-Alpes. Mais, au final, peu se rendent compte qu'ils se mobilisent sur le même sujet, au-delà de leurs approches très variées, celui du vivant, dont nous faisons partie.

L'agence régionale de santé Rhône-Alpes a été particulièrement motrice dans le plan régional santé environnement, et porte des actions fortes, par exemple contre la prolifération de l'ambrosie. Son action est démultipliée localement via des contrats locaux de santé.

L'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse se mobilise particulièrement sur les enjeux de la qualité des milieux aquatiques pour la santé.

Au niveau régional, le Conseil régional Rhône Alpes mène une politique ambitieuse tant en matière de santé environnementale (et à ce titre a très fortement contribué au Plan Régional Santé Environnement) qu'en matière de biodiversité (en particulier dans la préparation d'un Schéma Régional de Cohérence Ecologique).

Le thème « sciences, société et santé » est un des axes stratégiques que développe l'Université de Lyon. Ces préoccupations figurent au cœur du projet d'avenir Lyon-Saint-Étienne labellisé « initiative d'excellence » en 2011. La communauté scientifique est donc très impliquée au cœur de cette thématique.

C'est dans ce cadre qu'ont été organisées ces rencontres, pour que des regards croisés aident à généraliser les actions, et appuient des évolutions de politiques publiques : entre médecins, praticiens de la santé humaine, vétérinaires, praticiens de la santé animale, écologues ; entre scientifiques et acteurs ; entre scientifiques, acteurs et décideurs.

À l'issue, et sur la base de ces échanges formalisés au mieux, des propositions ont été formulées, résumées dans une déclaration finale<sup>6</sup>.

L'idée de base de ces rencontres a guidé l'organisation :

- ➔ unité de lieu : le campus de VetAgro Sup, à Marcy-L'Étoile a accueilli à la fois les séances plénières et les temps d'ateliers ;
- ➔ unité de temps : 27 et 28 octobre 2014, avec des temps informels :
  - ▷ le premier jour a été consacré aux débats et échanges scientifiques,
  - ▷ le second jour a été ouvert aux débats entre chercheurs, citoyens, entreprises et élus ;
- ➔ richesse des contributions : un appel à contributions est lancé dès avril 2014 ;
- ➔ priorité aux témoignages et aux débats : l'essentiel s'est passé en ateliers, suffisamment nombreux pour avoir une taille propice aux dialogues, sur la base d'expériences concrètes :
  - ▷ Le changement climatique induit-il une aggravation des maladies

6. Voir page 116.

---

infectieuses émergentes ?

- ▷ L'antibiorésistance, une réalité,
  - ▷ Microbiote, génome et exposome...,
  - ▷ Ville, biodiversité et santé : services de la biodiversité pour la santé en ville,
  - ▷ Gestion sanitaire ou crises sanitaires ?
  - ▷ La biodiversité comme médicament : les services écosystémiques pour la santé humaine ;
- ➔ de grands témoins de la société civile : Hubert Reeves, Gérard Bapt, Francelyne Marano...
  - ➔ quelques éléments de référence : une compréhension commune s'est appuyée sur quelques interventions plénières de haut niveau, notamment internationales.

L'ensemble a pu attirer de l'ordre de 300 participants.

La base de l'organisation a reposé sur VetAgro Sup, Humanité et Biodiversité, sur l'initiative et avec le soutien du Conseil régional Rhône-Alpes et de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse. Le financement principal a été apporté par le Conseil Régional Rhône-Alpes, l'Agence régionale de Santé Rhône-Alpes, l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, et le LabEx Ecofect, avec un appui significatif du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

Les institutions internationales concernées ont été associées : l'OMS (Organisation mondiale de la santé), l'OIE (Organisation mondiale de la santé animale) et la CDB (Convention sur la diversité biologique).

Le comité de pilotage s'est appuyé sur un comité scientifique, dont les membres sont d'origines diverses (médecins, vétérinaires, écologues, urbanistes, ethnologues) :

- ➔ les professeurs de médecine Antoine Andremont (laboratoire de bactériologie, Hôpital Bichat-Claude Bernard) et Dominique Peyramond (service des Maladies Infectieuses et Tropicales, CHU de Lyon) ;
- ➔ le professeur docteur-vétérinaire Marc Artois (enseignant chercheur à VetAgro Sup, Lyon) ;
- ➔ les docteurs écologues : la professeure des universités Dominique Pontier (co-directrice du LabEx Ecofect « Dynamique éco-évolutionniste des maladies infectieuses », université de Lyon) et le directeur de recherche au CNRS Serge Morand (équipe évolution et écologie des communautés) ;
- ➔ les ingénieurs : l'ingénieure de recherche et docteure en anthropologie Claire Harpet (chaire industrielle « Rationalités, usages et imaginaires de l'eau » Université Jean-Moulin Lyon3/Lyonnaise des Eaux), l'ingénieur-urbaniste Olivier Frerot (vice-recteur de l'Université catholique de Lyon), l'ingénieur général des ponts des eaux et forêts Gilles Pipien.

## PROGRAMME DU 27 OCTOBRE 2014

### Matin : séance plénière

- 9h00 :** Accueil des participants
- 9h30 :** Ouverture par Stéphane Martinot, Directeur général de VetAgro Sup, Alain Chabrolle, Vice-président du Conseil régional Rhône Alpes et Christophe Aubel Directeur d'Humanité et Biodiversité
- 9h45 :** L'enjeu de la santé et de la biodiversité dans le monde : Anne-Hélène Prieur-Richard (DIVERSITAS, en collaboration avec l'OMS et la CDB)
- 10h05 :** L'enjeu de la santé animale et de la biodiversité dans le monde : Professeur Marc Artois, Dr. vét., groupe de travail de l'OIE sur la faune sauvage
- 10h25 :** La complexité du lien entre santé et biodiversité : Dr. Serge Morand, Ecologue, CNRS
- 10h45 :** Table ronde : quatre expériences et... quelle action ? animateur : Professeur Marc Artois
- l'antibiorésistance est sortie des salles d'opération : Professeur Antoine Andremont ;
  - l'effet dilution, un service de la biodiversité pour notre santé : Dr Benjamin Roche ;
  - les jardins thérapeutiques, ou la nature soigne la tête : Dr Thérèse Jonveaux, CHU de Nancy ;
  - des questions pour demain : Professeur Dominique Pontier *et al.*
- 12h00 :** la parole au grand témoin Frédéric Keck, anthropologue, chargé de recherche CNRS : peurs ou nouvelles visions ? Pourquoi se soigner ?
- 12h15 :** Intervention vidéo de Madame la ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

### Après-midi : ateliers en parallèle : 14h/17h30

- a) Le changement climatique induit-il une aggravation des maladies infectieuses émergentes ?
- b) L'antibiorésistance, une réalité
- c) Microbiote, génome et exposome...
- d) Ville, biodiversité et santé : services de la biodiversité pour la santé en ville
- e) Gestion sanitaire ou crises sanitaires ?
- f) La biodiversité comme médicament : les services écosystémiques pour la santé humaine

---

## PROGRAMME DU 28 OCTOBRE 2014

- 9h00 : Ouverture : V. Wallon, Directrice Générale de l'Agence régionale de la Santé Rhône-Alpes**
- 9h15 : Hubert Reeves, astrophysicien, Président d'Humanité et Biodiversité**
- 9h45 : La santé du vivant, des humains aux milieux naturels, un enjeu de société ?**  
A. Chabrolle, Vice-président du CRRA, B. Miribel Dir. de la Fondation Mérieux, Pr. F. Marano, C. Romanelli (CDB), G. Riba
- 11h00 : Ce qu'ont débattu les scientifiques la veille**  
Dr. D. Peyramond, S. Morand et les rapporteurs des ateliers : a) A. Leblond, b) D. Chomarar et Fl. Valour, c) F. Vavre, d) F. Cresci et Cl. Harpet, e) M. Artois, f) B. Chevassus-au-Louis
- 12h30 : déjeuner*
- 14h00 : Economie et biodiversité, innovation et santé ?**  
Dr. S. Martinot (VetAgro Sup) avec Dr. O. Geffard (IRSTEA-BIOMAE), S. Allard (EVINERUDE), B. David (Laboratoires Pierre Fabre), S. Gaudeul (CFDT), JF. Sarreau Pt. de l'Institut de l'Agriculture durable
- 15h00 : Les attentes des citoyens ?**  
G. Pipien, avec J. Cambou (FNE), Dr. P. Souvet (ASEF), S. Molinari (UFC Que Choisir), D. Allaume-Bobe (UNAF)
- 16h15 : Quelles politiques publiques en matière de santé-biodiversités ?**  
M. Guespereau, Dir. de l'Agence de l'eau RMC ; G. Bapt, Député, Pt du GSE ; A. Chabrolle, Vice-président du CRRA ; P. Royannez, Vice-Président Environnement, Conseil général de la Drôme; Ch. Aubel, Dir. d'Humanité et Biodiversité ; Dr. A.-M. Durand, Dir Santé Publique, ARS ; L. Laurent, Dir. recherche et veille, ANSES ; A. Schmitt, Dir. adjoint de l'Eau et de la biodiversité au ministère chargé de l'Énergie.
- 17h15 : Déclaration finale**

# MESSAGE DE SÉGOLÈNE ROYAL

Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Bonjour à toutes et à tous,

Et bravo à *Humanité et Biodiversité* et à son président, Hubert Reeves, d'avoir pris cette belle initiative d'une rencontre de haut niveau qui fait dialoguer ensemble chercheurs, médecins, laboratoires, associations, collectivités, organismes publics et, plus largement, toutes les parties prenantes des politiques de santé, qui seront d'autant plus efficaces qu'elles seront aussi écologiques.

« *Un seul monde, une seule santé* » : c'est bien ainsi qu'il faut comprendre les sujets dont vous allez débattre et je me félicite que cette idée forte soit reprise dans les décisions de la 12<sup>e</sup> Conférence des parties à la Convention sur la diversité biologique, que la France a soutenues en Corée.

De nombreux défis demeurent et vous pouvez compter sur mon soutien pour qu'ensemble, nous tâchions de les relever.

Le changement climatique est bien évidemment l'un de ces défis majeurs, avec ses risques d'épisodes extrêmes, comme les inondations et les canicules, avec l'aggravation des maladies infectieuses émergentes, avec toutes les conséquences pour la santé humaine d'événements météorologiques dévastateurs mais aussi des pollutions liées à des modèles énergétiques et économiques encore très dépendants des énergies fossiles.

Lutter contre le dérèglement climatique, c'est donc aussi prévenir ses impacts sanitaires déjà perceptibles aujourd'hui et plus encore demain si nous ne faisons rien.

L'innovation pharmaceutique, indispensable pour produire nos médicaments de demain, est un autre de ces défis à relever et je sais que vous allez évoquer, plus largement, les enjeux de la recherche.

Sans oublier l'enjeu crucial de la biodiversité en milieu urbain, cette place de la nature en ville qui est un facteur de bien-être et de santé publique, y compris pour les malades comme le montrent les jardins thérapeutiques.

Je me félicite de l'essor du génie écologique dans notre pays, qui permet de mieux préserver, restaurer, optimiser les services vitaux que nous rendent, dans tant de domaines, les écosystèmes de la biodiversité, ce tissu du vivant dont nous sommes parties prenantes. Le développement d'une véritable ingénierie écologique, soucieuse des enjeux de santé et créatrice de nouvelles activités, de nouveaux emplois et de nouveaux métiers, a besoin de votre mobilisation à tous : scientifiques, associations, entrepreneurs, élus. Ce sont là de belles opportunités à saisir pour faire progresser les connaissances scientifiques et améliorer la qualité de vie de chacun.

C'est aussi pourquoi je crois beaucoup au renforcement de la coopération entre les réseaux de veille sanitaire et ceux de veille écologique afin, notamment, d'améliorer la détection précoce des phénomènes pathogènes en suivant quelques espèces sentinelles et particulièrement sensibles, comme le font certains d'entre vous.

---

Le troisième Plan national santé-environnement que je suis en train d'élaborer avec le Ministère de la santé explore cette piste des vertus thérapeutiques de la biodiversité. J'ai d'ailleurs décidé d'inscrire ce thème, vous le savez, au programme de la table ronde « santé-environnement » de la Conférence environnementale de novembre prochain.

J'aurais beaucoup aimé participer à vos travaux qui promettent d'être passionnants, si j'en juge par le riche programme de vos deux journées, mais je suis malheureusement retenue à une réunion européenne des Ministres de l'environnement. C'est important de peser aussi sur l'évolution de l'Europe dans ces domaines.

Plusieurs de mes collaborateurs vont assister à vos travaux et m'en feront un compte rendu détaillé. Je serai, pour ma part, très attentive aux conclusions que vont nourrir vos échanges.

Ma conviction est qu'il faut, sur les sujets dont vous allez débattre, changer d'échelle et accélérer le mouvement.

C'est l'objectif des deux lois complémentaires que je vais défendre devant le Parlement et qui ont, l'une comme l'autre, de très près à voir avec la santé : la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte et la loi relative à la reconquête de la biodiversité et à la mise en valeur de la nature et des paysages, qui va créer l'Agence française pour la biodiversité. L'installation rapide de la structure de préfiguration de cette agence, que je remercie chaleureusement Hubert Reeves de bien vouloir parrainer, nous permettra d'être prêts dès l'adoption de la loi sur la biodiversité et il va de soi qu'elle devra intégrer les questions de santé comme une dimension importante de son action.

Merci de vos contributions qui vont m'aider à agir juste.

Je vous souhaite à toutes et à tous d'excellents et fructueux travaux.



# LES SYNTHÈSES DES ATELIERS

Chaque atelier a été préparé en amont par le/la président(e), l'interpellateur/trice, le/la rapporteur(e), assisté(e)s d'étudiants des universités de Lyon : faculté de philosophie de l'université de Lyon 3, École nationale supérieure vétérinaire (VetAgro Sup) et Université catholique de Lyon.

Les débats ont été introduits par des intervenants invités.

Les présentes synthèses ont été établies par le/la rapporteur(e), assisté(e) par les étudiants, puis validées après échanges avec le/la président(e), l'interpellateur/trice et les intervenants invités.

---

# ATELIER A : LE CHANGEMENT CLIMATIQUE INDUIT-IL UNE AGGRAVATION DES MALADIES INFECTIEUSES ÉMERGENTES ?

■ Agnès LEBLOND<sup>1 2</sup>

*Depuis Hippocrate déjà, on sait que le climat affecte la santé. L'approche traditionnelle de ses effets est la recherche de corrélations entre variables climatiques et incidence des maladies. Mais cette approche en termes statistiques a ses limites car les effets du climat sur la santé sont aussi médiés par ses impacts sur les écosystèmes et la biodiversité.*

*Depuis une vingtaine d'années, les recherches concernant les impacts sanitaires du changement climatique portent principalement sur les maladies infectieuses. Mais ces impacts sont complexes, variables et difficile à étudier, car ils sont liés à de multiples facteurs. Outre les variables physiques (température, humidité...), il s'agit de décrypter les voies de transmission infectieuse (agents pathogènes, organismes hôtes, vecteurs de transmission, espèces réservoir) en les articulant aux modifications liées aux activités humaines (modification de l'usage des sols, baisse de la biodiversité, flux mondiaux en tout genre).*

*Cet atelier a pour but d'échanger connaissances, expériences et réflexions sur l'enchevêtrement des niveaux de savoirs et de réfléchir sur la nécessité de mobiliser des expertises croisées afin d'élaborer des pratiques d'anticipation et d'interventions en contexte de forte incertitude pour faire face à des situations d'émergence.*

---

1. INRA, UR346 épidémiologie animale et département hippique, VetAgroSup, F-69280, Marcy L'Étoile.

2. Avec l'appui de deux étudiants de l'Université Jean Moulin Lyon 3, Master 2 de philosophie spécialité éthique et développement durable, Faculté de philosophie, 1 rue de l'Université, BP 0638, 69239 Lyon cedex 02 : Jules Bourguine et Benoit Leclerc.

## La complexité de l'influence du changement climatique sur le lien biodiversité/santé

### Les vibrios pathogènes humains : dynamique et climat

Les vibrios pathogènes humains sont des bactéries autochtones des milieux marins-côtiers (littoral, estuaires, deltas, lagunes). *Vibrio cholerae* est le plus connu des vibrios pathogènes humains et responsables du choléra. La majorité des cas de vibrions humains non cholériques est due à *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* et *V. cholerae* non cholérique. D'importantes épidémies de gastro-entérites à *V. parahaemolyticus* ont eu lieu sur tous les continents dont la cause principale est la consommation de coquillages et de produits de la mer crus ou peu cuits, ce qui fait de cette bactérie l'un des pathogènes les plus importants, responsables de gastro-entérites, mais aussi d'infections de plaies et de septicémies. *Vibrio vulnificus* est responsable de 95 % des décès liés à la consommation de produits de la mer aux USA. Le contact de plaies avec l'eau de mer est aussi responsable d'infections cutanées qui peuvent évoluer en septicémie.

La dynamique de ces bactéries dans les milieux marins côtiers est essentiellement liée à la température de l'eau de mer en surface (SST « sea surface temperature »), à la salinité de l'eau ou encore aux blooms de phyto ou zoo-planctons, amplifiés par les conséquences des activités anthropiques dans ces milieux. Au Bangladesh, une augmentation des cas de choléra est notée avec l'augmentation de SST, elle-même liée aux variations climatiques. Les anomalies climatiques, en particulier l'augmentation de SST, conséquence

du changement climatique, ont été reliées à l'augmentation de la présence de *V. parahaemolyticus* et *V. vulnificus* et des risques d'infection associés à ces bactéries. Ainsi, des cas de gastro-entérites à *V. parahaemolyticus*, suite à la consommation d'huîtres dans l'Etat de Washington et en Alaska aux États-Unis, ont été provoqués par l'augmentation de SST le long de la côte pacifique en 2004. Ceci a aussi été mis en évidence avec les épidémies de *V. parahaemolyticus* au Pérou en 1991, relié à El Niño. En 1999, en Galice (Espagne), une épidémie à *V. parahaemolyticus*, suite à la consommation d'huîtres, a été mise en rapport avec une augmentation anormale de SST le long des côtes de Galice.

Les variations de salinité des eaux dans des systèmes côtiers provoquées par des pluies brutales et intenses induisent une forte augmentation des vibrios pathogènes humains dans ces écosystèmes. Dans les lagunes languedociennes, lors des fortes pluies et crues de 2011, la baisse de la salinité due aux apports importants en eau douce s'est traduite par une augmentation concomitante des abondances de ces vibrios dans les sites étudiés.

Les variations climatiques sont ainsi responsables de l'émergence de ces bactéries au niveau mondial, et du risque infectieux associé. Cependant, si le risque lié aux vibrios est assez limité, en France particulièrement, il est à noter que l'augmentation du nombre de sujets immunodéprimés, les habitudes alimentaires de consommation de produits de la mer crus et le commerce international peuvent être des vecteurs de l'augmentation du nombre de cas de contamination. L'effet des variations climatiques sur la température des eaux marines, ou sur les fréquences et l'intensité des pluies événementielles, est responsable de la modification des dynamiques des vibrios pathogènes humains. Une

---

attention particulière devrait être portée dans les prochaines années sur une augmentation des cas en Europe du fait des conséquences du changement climatique.

Il devient nécessaire de modéliser les dynamiques de ces bactéries en relation avec des facteurs environnementaux afin de gérer le risque. Il pourrait ainsi être nécessaire de suivre certains indicateurs faciles à mesurer (température, salinité...) pour modéliser la dynamique des vibrios permettant de préconiser rapidement des plans de gestion lorsque le risque devient important suite à des variations de ces indicateurs.

### Exemple du moustique tigre *Aedes albopictus*

Depuis le début du XXI<sup>e</sup> siècle, l'Europe doit faire face à de nouveaux enjeux en termes de maladies vectorielles émergentes (fièvre West Nile, Dengue, Chikungunya, etc.). Les changements majeurs et globaux qu'exerce l'Homme sur son environnement modifient conséquemment les aires de distribution et la dynamique saisonnière d'insectes vecteurs, modulant les risques d'épidémisation et d'endémisation des maladies vectorielles. La contribution des perturbations climatiques et anthropiques dans des systèmes vectoriels soumis à la globalisation est illustrée à travers l'exemple de l'introduction en métropole du moustique tigre *Aedes albopictus*, vecteur de la Dengue et du Chikungunya.

Il a suffi d'une vingtaine d'années au moustique tigre pour coloniser les cinq continents, y compris en Europe (Schaffner et Mathis, 2014). Si le réchauffement climatique est parfois pointé du doigt par les médias généralistes pour expliquer cette réussite, il s'avère que les activités anthropiques sont les principales responsables de l'expansion de son aire de distribution.

Le transport involontaire des œufs d'*Aedes albopictus* par le commerce transcontinental de pneus usagés pour le rechapage ou l'importation de plantes ornementales de type « *lucky bamboo* » ont affranchi des barrières océaniques. C'est un exemple récent de l'importation anthropique d'un maillon d'un système vectoriel dont regorge l'Histoire : introduction de la fièvre jaune en Amérique du Sud au XVI<sup>e</sup> siècle, ou de l'*Anopheles gambiae* au Brésil dans les années 1930 par la liaison Sénégal-Brazil, etc. La mondialisation des échanges a entraîné la mondialisation de certains vecteurs et de leurs pathogènes, et la prévention de leur introduction demeure la plus efficace des méthodes de gestion du risque (Lacour G., 2014).

Le moustique-tigre profite pleinement des activités humaines pour son introduction, mais aussi sa prolifération. L'habitat urbain est particulièrement propice à la reproduction et au développement d'*Aedes albopictus* puisqu'il abonde en petits gîtes artificiels. Cette eau disponible d'origine anthropique contribue à affranchir partiellement le cycle reproducteur des précipitations naturelles, et permet un contact hôtes-vecteurs durable, et donc une situation à risque épidémique (Tran *et al.*, 2013).

En milieu tempéré, l'hiver s'avère être la meilleure arme pour lutter contre ce risque épidémique puisque le vecteur entre en état d'hibernation appelée diapause pour survivre. Toutefois le dédoublement de la dynamique annuelle du moustique évolue en fonction de l'adoucissement des températures hivernales. Le réchauffement climatique a deux conséquences principales sur les vecteurs : la prolongation de la période d'activité du moustique et l'accroissement de son aire de répartition, notamment vers les régions septentrionales où l'environnement deviendra favorable à son établissement (Fischer *et al.*, 2014). Le réchauffement climatique

est ainsi, *a minima*, un facteur d'aggravation du risque épidémique. Le réchauffement est aussi un facteur d'émergence du risque chez d'autres moustiques, notamment des espèces tropicales incapables de diapause qui pourraient s'installer dans les régions méridionales de France et d'Europe où la diapause hivernale ne serait plus obligatoire pour leur survie.

## Synthèse

Les effets du climat sur la santé sont médiés par leurs impacts sur les écosystèmes et leurs interactions avec les événements météorologiques extrêmes. L'augmentation de la température et le réchauffement climatique augmentent le risque de maladie infectieuse, que ce soit par l'émergence et la densification des pathogènes que par l'augmentation de l'aire potentiellement colonisable par les vecteurs et la prolongation de leurs périodes d'activité.

Dans des systèmes évolutifs où pathogènes et vecteurs s'adaptent rapidement, il est nécessaire de mettre en place des observatoires homme-milieu pérennes et d'étudier ces systèmes par une approche multi-disciplinaire afin de prévenir – quand c'est possible – et gérer l'apparition des risques infectieux.

## Se coordonner pour agir

Une approche de type *EcoHealth*<sup>3</sup> est particulièrement pertinente pour aborder les questions climat-santé. Cette approche met en avant « le

3. L'initiative « One Health », introduite suite à une réflexion commune de la FAO, l'OIE et l'OMS, est basée sur le concept de « risques de santé aux interfaces animal-homme-écosystèmes » (Anonyme, 2010. The FAO-OIE-WHO Collaboration. Sharing responsibilities and coordinating global activities to address health risks at the animal-human-ecosystems interfaces. A Tripartite Concept Note. 8 p. [www.who.int/influenza/resources/documents/tripartite\\_concept\\_note\\_hanoi\\_042011\\_en.pdf](http://www.who.int/influenza/resources/documents/tripartite_concept_note_hanoi_042011_en.pdf)).

*partage des responsabilités et la coordination des actions globales pour gérer les risques sanitaires aux interfaces animal-homme-écosystèmes* » et l'importance du « *renforcement des collaborations entre santé humaine, santé animale et gestion de l'environnement* ». Les connaissances doivent ainsi porter tout à la fois sur la santé des individus, les modifications des écosystèmes, la perte de diversité biologique, le changement global (dont le changement climatique) et les systèmes sanitaires.

## Modélisation des impacts du changement climatique sur les maladies vectorielles

Le changement climatique est considéré par l'Organisation mondiale de la santé comme une des principales menaces pour la santé humaine et animale. En particulier, les conditions météorologiques ont une influence forte sur les maladies véhiculées par les insectes, les gastéropodes ou autres animaux à sang froid. Les résultats de la modélisation des impacts du réchauffement climatique sur la dynamique des maladies infectieuses montrent que le réchauffement planétaire a un fort potentiel pour affecter la distribution géographique et la saisonnalité future de ces maladies infectieuses et de leurs vecteurs. Cependant, étant donné que les maladies infectieuses vectorielles sont des systèmes extrêmement complexes, d'autres facteurs socio-économiques importants doivent être considérés pour estimer leur distribution et leur sévérité future.

À partir de données climatiques et de répartition des espèces, des modèles bio-climatiques ont pu être développés pour évaluer l'évolution des zones potentiellement colonisable par les vecteurs à l'avenir. Un modèle de distribution pour le moustique tigre

*Aedes albopictus* piloté par le modèle climatique COSMO-CLM (utilisant plusieurs scénarios d'émissions sur les périodes 2011-2040, 2041-2070 et 2071-2100) montre par exemple que le réchauffement climatique devrait agrandir la zone dans laquelle les conditions de vie sont compatibles avec l'activité du moustique en Europe de l'ouest et en Europe centrale, tandis que cette zone se trouverait réduite en Europe du sud à l'horizon 2011-2040 (Fisher *et al.*, 2011). Une autre étude utilisant un ensemble de modèles bio-climatiques montre des tendances similaires pour le futur (Caminade *et al.*, 2012).

Cependant, ces modèles ne représentent pas la zone où le vecteur s'exportera effectivement mais seulement celle où les conditions climatiques sont hospitalières pour cette espèce. Par ailleurs, les phénomènes climatiques extrêmes ne sont pas considérés par ces approches alors qu'ils pourraient affecter la survie et le développement du moustique à des échelles de temps plus rapides (jour, semaine). Il est important aussi de noter les fortes incertitudes des modèles d'émissions qui sont utilisés pour les prévisions tandis que des facteurs socio-économiques comme l'évolution du commerce international ou les activités touristiques devraient idéalement être pris en compte (Caminade *et al.*, 2012).

D'autres modèles montrent encore que le réchauffement climatique joue ou pourra jouer un rôle dans l'adaptation d'autres pathogènes à de nouveaux milieux. Le climat futur serait ainsi plus propice à une transmission du paludisme dans les zones d'altitude dans les tropiques (Caminade *et al.*, 2014) et en particulier en Éthiopie et en Colombie (Siraj *et al.*, 2014). Une autre étude récente montre que le changement climatique va

modifier les comportements d'autres vecteurs comme *Anopheles fluviatilis*, *Anopheles annularis* et *Anopheles maculatus* en zones d'altitude au Népal (Dhimal *et al.*, 2014).

Un nombre croissant d'études montre désormais l'existence d'un lien entre changement climatique et émergence de maladies vectorielles infectieuses. Il ne faut pas oublier pour autant l'importance majeure d'autres facteurs anthropiques tels que l'urbanisation, l'augmentation de la résistance aux traitements, l'augmentation des densités de population humaine et animale ou la qualité des services de santé dans la prévision du risque de maladie infectieuse. Finalement, l'Homme va lui aussi devoir s'adapter.

Malgré l'utilisation de larges bases de données et de différentes sources de simulations, les modélisations des maladies infectieuses sont encore dans une phase infantile. Les moustiques subissent plus l'impact de la météorologie que du climat et il va être nécessaire, pour gagner en précision et mettre en place des réponses suite à l'évaluation des risques, d'avoir une approche multidisciplinaire pour améliorer la modélisation de ces maladies infectieuses. C'est l'objet de l'approche *One Health* mentionnée précédemment (Caminade, 2014).

### *Cartographie du risque entomologique à haute résolution spatio-temporelle à l'aide de l'imagerie satellitaire*

Si la population mondiale comporte aujourd'hui plus de 7 milliards d'habitants, on estime qu'elle augmentera à près de 9 milliards d'ici 2025. Cinquante pour cent de cette population est soumise au risque de maladies infectieuses émergentes ou ré-émergentes, entraînant près de 14

millions de morts par an. La principale de ces maladies infectieuses est le paludisme, qui représente à elle seule 135 à 287 millions de cas par an et 500 000 à 800 000 morts par an. Le coût induit est estimé à 10 milliards d'euros par an et entraîne un retard de croissance de l'économie africaine de 1,3 %. Cette situation apparaît dans un monde en transition incluant changement climatique, démographique, avec de nombreux déplacements de populations, une globalisation du commerce, une évolution constante des agents pathogènes, etc. Autant de facteurs qui appellent à repenser et à améliorer les rapports entre environnement, climat et santé.

Les nouvelles technologies peuvent être utiles pour développer des méthodes innovantes, ainsi la télé-santé <sup>4</sup> peut apparaître comme une nouvelle approche pour penser la santé. Elle permet un désenclavement sanitaire en offrant des interventions sur des sites isolés et/ou mobiles. Elle permet également de surveiller, de prévoir et de prévenir une épidémie et de mieux gérer les crises humanitaires majeures.

Certaines maladies infectieuses transmissibles par des vecteurs dépendent de facteurs environnementaux et/ou climatiques. L'hétérogénéité spatio-temporelle de ces maladies vectorielles est également importante. Dans ce contexte, l'efficacité de la prévention des risques pourrait être améliorée

4. Les solutions de télésanté sont basées, entre autres, sur les technologies spatiales avec comme objectif d'améliorer notre capacité de réaction face à différentes situations sanitaires notamment celles d'urgence. Depuis 1998, le Cnes (Centre national d'études spatiales), en collaboration avec ses partenaires est impliqué dans le développement d'applications de télésanté centrées principalement sur : désenclavement sanitaire, les relations environnement/climat/santé, la gestion des crises humanitaires, l'éducation et la formation.

par la mise à disposition aux opérateurs de la démoustication/lutte antivectorielle et aux autorités de santé, de cartes de prévision de « où et quand » il y aura un risque d'émergence des vecteurs de ces maladies et du niveau de ce risque. Des cartes de risque actualisées en temps quasi-réel pourraient ainsi fournir des informations utiles à l'optimisation des actions de lutte.

Ainsi la télé-épidémiologie consiste à analyser les relations « climat-environnement-santé » pour mettre en évidence les liens entre l'émergence et la propagation des maladies infectieuses (liées aux vecteurs, à l'eau et à l'air) et les changements climatiques et environnementaux en s'appuyant sur la technologie spatiale. L'objectif final est de fournir aux acteurs de la santé publique des outils/services adaptés permettant de surveiller les maladies et prévoir les épidémies, permettant ainsi de bâtir ou de repenser les stratégies d'adaptation face au risque prédit.

L'approche conceptuelle de la télé-épidémiologie consiste en une multidisciplinarité basée sur l'étude commune des mécanismes favorisant l'apparition et la propagation de maladies infectieuses. Cette pluridisciplinarité inclut par exemple l'environnement, le climat, les sciences humaines et sociales, la microbiologie, l'entomologie, etc. La télé-épidémiologie a ainsi été définie comme une approche multidisciplinaire et holistique visant à comprendre et prédire la distribution spatio-temporelle des données entomologiques de terrain. Elle s'appuie aussi sur l'identification, la compréhension et la mesure des principaux mécanismes physiques et biologiques qui sont en jeu.

---

Le Cnes (Centre National d'Etudes Spatiales), avec ses partenaires, a ainsi développé une approche conceptuelle des relations climat-environnement-santé basées sur l'utilisation de produits spatiaux réellement adaptés aux besoins des acteurs de la santé.

Cette démarche peut se concevoir en trois étapes. Il s'agit avant tout de comprendre les mécanismes favorisant l'émergence et la propagation de la maladie (observer et diagnostiquer). Puis, il faut développer des produits réellement adaptés intégrant le spatial (observation de l'environnement et utilisation de capteurs spatiaux adaptés). Enfin, il faut constituer des modèles prédictifs des impacts de l'environnement et du climat sur la santé (établir des cartes de risque environnemental à haute résolution spatio-temporelle et développer des systèmes d'information sur la santé tels que des systèmes d'alerte précoce).

L'environnement est un déterminant majeur de la biodiversité de ces maladies à cause du caractère vectoriel de la transmission et des paramètres bioécologiques des vecteurs. Par ailleurs, les satellites d'observation de la Terre fournissent des données environnementales, climatiques et météorologiques. Les informations ainsi obtenues ne concernent pas directement les agents pathogènes (virus, bactérie, parasite) responsables de la maladie, mais leur environnement et notamment les habitats favorables au développement et à la prolifération des vecteurs.

Basée sur des données entomologiques de terrain, sur le choix et le traitement d'images satellites de résolutions appropriées et sur une modélisation adéquate, une étude réalisée en Martinique a permis de dresser des cartes de

risque entomologique (risque de présence de gîtes positifs en larves d'*Aedes aegypti*) à haute résolution spatio-temporelle (à la maison et journalière). Cette étude s'est appuyée sur des données entomologiques et météorologiques collectées *in situ* et sur des données environnementales issues du traitement d'images satellites de résolution appropriée et sur une modélisation adéquate (analyse statistique de recherche des variables significativement associées à la présence de gîtes positifs en larves d'*Aedes*). Étant donné l'impossibilité d'extraire des images satellites les gîtes eux-mêmes en raison de leur petite taille, l'unité expérimentale retenue a été la maison et son environnement proche (jardins, arbres, routes, maisons voisines, cultures, type de sols nus...) susceptibles d'accueillir les gîtes et hébergeant les hôtes des vecteurs. Le choix de cette unité expérimentale à une résolution spatiale très fine s'est révélé approprié pour cartographier le risque entomologique à l'échelle de la maison (Machault *et al.*, 2014).

Si le risque vectoriel est appréhendé à des échelles locales, comme c'est le cas dans l'application du concept de télé-épidémiologie, il est alors envisageable que les produits de la modélisation puissent être utilisés de manière concrète sur le terrain comme une aide à l'application de mesures de lutte et de prévention. C'est-à-dire savoir où et quand intervenir.

### *Le contrôle des maladies à transmission vectorielle : vers une lutte intégrée ?*

Les maladies à transmission vectorielle figurent parmi les principales causes de morbidité et de mortalité pour l'homme et les animaux. Le paludisme, les filarioses, les leishmanioses, l'onchocercose, et les arboviroses tels que la dengue, le



chikungunya, la fièvre jaune affectent la santé de millions de personnes. Le contrôle de ces maladies infectieuses passe nécessairement par la connaissance, la plus complète possible, des vecteurs qui les transmettent et notamment, de leur compétence vectorielle.

Le système vectoriel est un triptyque entre le pathogène (protozoaire, helminthes, virus...), le vecteur (moustiques, phlébotomes, tiques...) et l'hôte (homme ou animal). Il s'agit dès lors de penser les facteurs qui favorisent la propagation des maladies à transmission vectorielle au sein de ce système. Chaque composante de ce système vectoriel est modelée par des facteurs environnementaux tels que la température qui rend possible l'incursion d'espèces de moustiques invasives vers des latitudes plus septentrionales.

Si les maladies à transmission vectorielle sont majoritairement présentes dans l'hémisphère sud du globe, cela est particulièrement lié à un climat favorable au développement des insectes vecteurs. La température, l'humidité ou encore le taux de précipitation tendent à favoriser grandement leur prolifération. Ces conditions favorables réunies font que le vecteur se développe, sa longévité croît et sa reproduction est favorisée ; parallèlement l'agent pathogène se développera également mieux et plus vite puisqu'il est tributaire de son hôte. Par exemple, la durée de développement des larves de moustiques peut être divisée par trois selon la température du milieu. De 35 jours à 15°C, la durée de développement de ces larves passera à moins de 10 jours dans un milieu à 30°C. De même, la période d'incubation extrinsèque (PIE) peut être divisée par cinq en fonction de la température, ceci dépendra également du système vectoriel.

Or les impacts de l'homme sur le changement climatique ne sont plus à démontrer, ces causes anthropiques couplées aux causes naturelles, entraînent la hausse de ces trois facteurs (humidité, température et précipitation) dans certaines parties du globe. C'est pourquoi nous voyons aujourd'hui une forte émergence du Chikungunya en lien avec l'expansion du moustique tigre (*Aedes albopictus*), lui-même favorisé par le changement climatique actuel.

Il s'agit dès lors de penser une lutte intégrée qui prend en considération la complexité des maladies vectorielles. Son contrôle doit être pensé comme un système non seulement triple, tout comme l'est le système vectoriel, mais il doit être considéré au sein de son environnement, environnement qui influe grandement sur ce même système.

La lutte intégrée implique donc d'être pensée au niveau des vecteurs (insecticides, prédateurs, parasites...), des pathogènes (antiviraux...), des hôtes (vaccination...) mais aussi relativement à l'environnement de ce triptyque, cela implique donc de penser l'impact du changement climatique (incluant les causes naturelles comme anthropiques) et de son influence sur la propagation des maladies à transmission vectorielle.

## Synthèse

La construction de larges bases de données est nécessaire pour améliorer les connaissances, fournir des données pour les modèles et permettre les simulations. Ces modèles doivent être localement validés et réadaptés, ils doivent aussi être utiles aux décideurs.

Les observatoires homme-milieu devraient également fournir des informations sur les déplacements des hôtes, les infectés asymptomatiques, les facteurs sociologiques et humains.

Concernant les vecteurs, les données sur la biologie des adultes sont encore trop parcellaires. Une meilleure connaissance des mécanismes de transmission peut parfois permettre de mettre en œuvre des mesures de prévention simples et efficaces.

## Conclusions

En conclusion de cet atelier, nous proposons la construction de nouveaux outils, tels que les observatoires homme-milieu et une nouvelle conception pour les systèmes de surveillance des maladies infectieuses. L'enjeu est maintenant d'estimer la probabilité d'émergence d'une maladie en un point donné et à un moment donné, en considérant qu'il existe trois étapes pour l'alerte : si la maladie chez l'homme est décelée à l'instant  $t$ , elle devrait être détectée chez des animaux, sentinelles ou réservoirs, à  $t-1$ , et les facteurs environnementaux qui vont permettre de prédire le risque d'émergence devraient fournir une alerte à  $t-2$ . À défaut de pouvoir dans certains cas prédire une épidémie, des méthodes et outils pour une évaluation du risque et une alerte précoce devront être développés.

Ces systèmes doivent être ensuite validés et mis à disposition des décideurs. Ils nécessitent également, à *minima*, de disposer en parallèle d'une surveillance de l'état sanitaire des populations humaine ou animale et d'un suivi des paramètres environnementaux, incluant les populations de vecteurs. La mise en place d'observatoires homme-milieu permettra de fournir les données nécessaires aux modèles de prévision et de compléter les connaissances sur les mouvements des hôtes, les facteurs socio-économiques qui influencent la transmission.

L'amélioration des connaissances sur les mécanismes de transmission devrait finalement permettre de proposer des mesures de prévention adaptées et de développer

en particulier des mesures de lutte intégrée. Dans toutes ces démarches, l'approche multidisciplinaire est essentielle et devra se faire au travers de liens pérennes.

---

### Présidente de l'atelier :

Chantal PACTEAU<sup>5</sup>

### Interpeltatrice :

Anna-Bella FAILLOUX<sup>6</sup>

### Orateurs :

Patrick MONFORT<sup>7</sup>, les vibrios pathogènes humains : dynamique et climat

Guillaume LACOUR<sup>8</sup>, nouveaux contextes en épidémiologie vectorielle : influence du climat et des facteurs anthropiques sur la circulation de la dengue et du Chikungunya en métropole.

Cyril CAMINADE<sup>9</sup>, modélisation des impacts du changement climatique sur les maladies vectorielles.

Cécile VIGNOLLES<sup>10</sup>, les images satellitaires au service de surveillance des émergences (dont le cas de la dengue en Martinique).

Anna-Bella FAILLOUX, vers la lutte intégrée.

---

5. Directrice de recherche au CNRS, Directrice adjointe du groupe d'intérêt scientifique « Climat, environnement, société ».

6. Département de virologie, Institut Pasteur, arbovirus et insectes vecteurs, 75724 Paris cedex 15, France.

7. UMR 5569 HydroSciences Montpellier, CNRS, IRD, Université de Montpellier, Equipe « Pathogènes Hydriques Santé Environnement », 15 Avenue Charles Flahaut, BP 14491, 34093 Montpellier Cedex 05.

8. EID Méditerranée, F-34184 Montpellier, France; Centre de recherche sur la biodiversité, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.

9. Institute of Infection and Global Health, University of Liverpool, L693GL, Liverpool, UK.

10. Centre national d'études spatiales (CNES)-Direction de la stratégie et des programmes / terre-environnement-climat, BPi 2903, 18 Avenue Édouard Belin, 31401 Toulouse cedex 9, France.

## RÉFÉRENCES

- Caminade C *et al.*, Asian tiger mosquito climate suitability (2012) J. R. Soc. Interface
- Caminade C. Modélisation des impacts du changement climatique sur les maladies vectorielles. Colloque Santé – Biodiversité, 27 novembre 2014 à VetAgro sup, Campus vétérinaire de Lyon (Marcy l'Étoile), France. Consultable sur [http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page\\_id=507](http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page_id=507)
- Dhimal *et al.*, Malaria Journal 2014, 13(Suppl 1) : P26
- Failloux A-B. Les maladies à transmission vectorielles, vers la lutte intégrée ? Colloque Santé – Biodiversité, 27 novembre 2014 à VetAgro sup, Campus vétérinaire de Lyon (Marcy l'Étoile), France. Consultable sur [http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page\\_id=507](http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page_id=507)
- Fischer D *et al.*, Global and Planetary Change 78 (2011) 54–64
- Fischer D, Thomas SM, Neteler M, Tjaden NB, Beierkuhnlein C. Climatic suitability of *Aedes albopictus* in Europe referring to climate change projections: comparison of mechanistic and correlative niche modelling approaches. Euro Surveill. 2014;19(6) :pii=20696
- Lacour G. Nouveaux contextes en épidémiologie vectorielle : influence du climat et des facteurs anthropiques sur la circulation de la dengue et du chikungunya en métropole. Colloque Santé – Biodiversité, 27 novembre 2014 à VetAgro sup, Campus vétérinaire de Lyon (Marcy l'Étoile), France. Consultable sur [http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page\\_id=507](http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page_id=507)
- Monfort P, Morand S., Lafaye M. 2014. Risques microbiologiques et systèmes de surveillance. In Environnement : des milieux et des sociétés, Collection « Mers et Océans », Monaco et P. Prouzet, eds, ISTE Editions, London. pp. 131-160. ISBN : 978-1-78405-002-3.
- Monfort P, Les vibriopathogènes humains : dynamique et climat. Colloque Santé – Biodiversité, 27 novembre 2014 à VetAgro sup, Campus vétérinaire de Lyon (Marcy l'Étoile), France. Consultable sur [http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page\\_id=507](http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page_id=507)
- Machault V *et al.*, Mapping entomological dengue risk levels in Martinique using high-resolution remote-sensing environmental data (2014) ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2014, 3, 1352-1371; doi:10.3390/ijgi3041352
- Morand S *et al.*, Les déterminants des maladies infectieuses humaines en Europe : influences de la biodiversité et de la variabilité climatique (2012) BEH 20 mars 2012 / n° 12-13
- Reisen K. Landscape Epidemiology of Vector-Borne Diseases (2010) Annu. Rev. Entomol. 2010. 55:461–83
- Schaffner, F., Mathis, A., 2014. Dengue and dengue vectors in the WHO European region : past, present, and scenarios for the future. The Lancet Infectious Diseases. doi:10.1016/S1473-3099(14)70834-5
- Siraj AS *et al.*, Altitudinal Changes in Malaria Incidence in Highlands of Ethiopia and Colombia (2014) Science 343, 1154
- Tong S *et al.*, Climate Variability, Social and Environmental Factors, and Ross River Virus Transmission : Research Development and Future Research Needs (2008) Environmental Health Perspectives Volume 116, Number 12
- Vignolles C. Les images satellitaires au service de surveillance des émergences (dont le cas de la Dengue en Martinique). Colloque Santé – Biodiversité, 27 novembre 2014 à VetAgro sup, Campus vétérinaire de Lyon (Marcy l'Étoile), France. Consultable sur [http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page\\_id=507](http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page_id=507)

---

# ATELIER B

## L'ANTIBIORÉSISTANCE, UNE RÉALITÉ ?

■ Monique CHOMARAT<sup>1</sup>  
■ Florent VALOUR<sup>2 3</sup>

*La découverte des antibiotiques au milieu du XX<sup>e</sup> siècle a rapidement mené à considérer les maladies infectieuses bactériennes comme vaincues. C'était oublier l'avertissement d'Alexander Flemming, découvreur de l'antibiothérapie, qui, dès 1945 dans une interview au New York Times, mettait en garde contre la capacité des bactéries à s'adapter aux pressions environnementales et notamment à l'antibiothérapie : « L'utilisation abusive de la pénicilline pourrait conduire à la propagation de formes mutantes de bactéries qui résisteront au nouveau médicament miracle ». Un demi-siècle plus tard, la surconsommation des antibiotiques en santé humaine, animale ou en agriculture, en exerçant de fortes pressions de sélection sur les populations microbiennes, a favorisé l'émergence de bactéries résistantes à parfois tous les antibiotiques (Tremolières, 2010). L'augmentation constante de la liste des bactéries multi-résistantes (BMR) en milieu hospitalier et, plus récemment, en milieu communautaire, constitue actuellement un enjeu majeur de santé publique à l'échelle mondiale. Ainsi, le rassemblement des communautés scientifique et médicale autour de la sensibilisation de la population et de l'alerte des dirigeants politiques est urgent, afin de prendre rapidement les mesures qui permettront de lutter contre cette menace de santé publique. C'est dans ce contexte que s'est déroulé notre atelier. À la question-titre « L'antibiorésistance, une réalité ? », la réponse est évidente : oui, l'antibiorésistance est une réalité. Son objectif n'était donc pas de débattre de la réalité de l'antibiorésistance, mais d'en faire un état des lieux en France et dans le monde, et de proposer des solutions pour limiter l'expansion de ce problème de santé publique.*

1. Médecin biologiste, Laboratoire de bactériologie, Centre hospitalier Lyon Sud, Hospices civils de Lyon, Lyon, France.

2. Médecin infectiologue, service de maladies infectieuses et tropicales, groupement hospitalier Nord, Hospices civils de Lyon – INSERM U1111, Centre international de recherche en infectiologie (CIRI), Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon, France.

3. Avec l'appui de six étudiants : Benjamin BRITSCH-FAYET, Sabine DE FOUCAUD et Daizy MOUALEU-KAMENI, étudiants en Master 2, Management des biobanques, Ecole Supérieure de Biologie Biochimie Biotechnologie (ESTBB), Université catholique de Lyon, France ; Pauline LANG et Maria Eugenia VARELA, étudiantes en Master 2 de philosophie, éthique et développement durable, Université Jean Moulin Lyon 3 ; Axelle POIZAT, inspecteur élève de la santé publique vétérinaire, ENSV 1, avenue Bourgelat 69280 Marcy l'Étoile.

## L'antibiorésistance : les enjeux

### Consommation et consommateurs : état des lieux

Selon le rapport de l'ANSES de novembre 2014, suivant annuellement la vente d'antibiotiques à visée vétérinaire, 700 tonnes d'antibiotiques sont utilisées à des fins vétérinaires par an en France. On estime qu'environ 70 tonnes supplémentaires sont utilisées en médecine humaine chaque année en France. D'après une étude publiée dans le Lancet en 2005, la France est ainsi le premier consommateur européen d'antibiotiques (Goossens *et al.*, 2005). Il est important de noter que les antibiotiques peuvent également être utilisés en tant que facteurs de croissance pour les animaux d'élevage. Si cette utilisation a été interdite au 1<sup>er</sup> janvier 2006 par la Commission européenne, ce n'est pas une mesure appliquée à l'échelle mondiale, notamment aux États-Unis et en Asie. Au final, **des millions de tonnes d'antibiotiques ont été utilisées depuis leur mise sur le marché en 1945**, et principalement chez des sujets non malades.

### Conséquences de la surconsommation d'antibiothérapie

L'antibiorésistance résulte de l'adaptation des agents bactériens à la pression de sélection exercée par un ou plusieurs antibiotiques. Elle est la conséquence :

1. de mutations chromosomiques naturelles ;
2. de supports génétiques mobiles porteurs de gènes de résistance aux antibiotiques tels que les plasmides, transférables horizontalement d'une bactérie à une autre.

Il existe un **lien bien démontré entre la consommation d'antibiotique et l'émergence de l'antibiorésistance**. Que ce soit à l'échelle d'une espèce animale ou d'un pays, il a été prouvé que la proportion d'espèces bactériennes résistantes à un antibiotique donné évoluait de façon parallèle à son utilisation (Albrich *et al.*, 2004 ; Woerther *et al.*, 2013). La surconsommation d'antibiotiques observée depuis quelques décennies a ainsi engendré une augmentation croissante du nombre de BMR à l'échelle mondiale. Dans son dernier rapport sur l'antibiorésistance, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a montré que le taux de résistance des principales bactéries pathogènes (et notamment *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Streptococcus pneumoniae*) à leur antibiothérapie de référence allait jusqu'à 96 % dans certains pays (WHO, 2014). Pour prendre un autre exemple, on dénombrait 450 000 nouveaux cas de tuberculose multi-résistante dans le monde en 2012, et des formes ultra-résistantes, responsables d'une mortalité majeure malgré 2 ans d'antibiothérapie de seconde ligne, ont été rapportées dans 92 pays. Au-delà de ces conséquences sur les bactéries pathogènes, l'impact de la surconsommation d'antibiotiques sur les flores commensales, principales constituants du microbiote, est également majeur et largement sous-estimé jusqu'ici (Andremont, 2014).

Parallèlement, **le nombre de nouvelles classes thérapeutiques en développement a drastiquement diminué**, si bien que depuis une dizaine d'années, les médecins se trouvent régulièrement face à des impasses thérapeutiques, faute de molécules actives. On estime ainsi que l'antibiorésistance est responsable d'environ 25 000 décès par an en Europe ou aux États-Unis, et engendre un surcoût d'environ 1,5 billion d'euros par an (ECDC, 2009).

---

## Échanges entre écosystèmes : un impact plus complexe qu'il n'y paraît

L'émergence de résistances bactériennes aux antibiotiques résulte principalement de l'utilisation inappropriée d'antibiotiques en médecine humaine et vétérinaire. Toutefois, l'impact de la consommation d'antibiotiques ne se limite pas aux consommateurs. Sinon, comment expliquer que de telles résistances se retrouvent par exemple chez des populations d'iguanes aux Galápagos (Thaller *et al.*, 2010) ? Pour expliquer ce phénomène, il faut prendre en compte un autre facteur de diffusion des BMR : **le transfert de l'antiorésistance entre organismes**. Au nombre des interactions possibles entre les différents écosystèmes, il faut donc compter les flux de bactéries résistantes. Cette observation ne va pas sans poser quelques difficultés : comment ces échanges de résistances se font-ils ? Quels sont les organismes touchés ? Ces transferts génétiques sont-ils avérés ou seulement supposés ?

*Primo*, il existe des **transferts de résistances intraspécifiques** : chaque individu ayant acquis une résistance est susceptible de la transmettre aux membres de son espèce. Il existe deux voies de propagation avérées. Outre la transmission des gènes bactériens résistants à sa descendance – on parle alors d'un transfert génétique vertical de la résistance – les bactéries ayant développé des systèmes de défense contre des antibiotiques peuvent également se transmettre directement, par simple contact entre individus.

*Secundo*, il existe des **transferts de résistances interspécifiques** : des flux de résistances s'observent entre la faune, la flore et les

populations humaines. En effet, bien que ce point soit encore sujet à controverse, certaines études attestent d'un échange réciproque de résistances entre l'animal et l'homme (Madec, 2014). Une résistance aux glycopeptides a, par exemple, été observée chez des bovins bien qu'il s'agisse d'antibiotiques réservés à l'usage hospitalier (Haenni *et al.*, 2009). Deux causes sont mises en lumière pour expliquer le transfert de résistances de l'animal à l'homme : le contact direct et l'exposition alimentaire, comme les toxi-infections collectives liées à des salmonelles porteuses de bêta-lactamases à spectre étendu (BLSE) (Weill *et al.*, 2004).

Si les recherches menées à ce jour ont mis en évidence la présence de BMR dans tous les types de milieux jusqu'aux plus reculés – souvenons-nous des iguanes des Galápagos – elles restent trop parcimonieuses pour que les voies de propagation de ces bactéries à la faune et à la flore sauvage soient véritablement attestées. Bien que ce sujet d'étude soit resté jusqu'ici peu exploré, les travaux existants soulignent trois voies possibles de transmission (Vittecoq M., 2014). Première hypothèse : la faune sauvage entre en contact direct avec les tissus ou excréments des organismes porteurs. Deuxième hypothèse : la faune sauvage est en contact avec des eaux colonisées par des bactéries résistantes en raison du rejet des eaux utilisées dans le cadre de l'aquaculture (dans les mers, lacs ou cours d'eau) et/ou de la persistance des BMR et des antibiotiques dans les eaux à la sortie des stations d'épuration. Troisième hypothèse : la faune sauvage est en contact avec un sol contaminé notamment par le traitement agricole des cultures, les fèces des animaux domestiques, le fumier ou l'eau. (Voir Figure 1)

*Tercio*, il existe des **transferts horizontaux des gènes de résistance** qui amplifie l'antibiorésistance des bactéries au sein de chaque écosystème. Un organisme ne reçoit pas seulement du matériel génétique de ses ancêtres : il est également capable d'intégrer des gènes provenant d'organismes avec lesquels il n'a aucune parenté. Ces transferts horizontaux de gènes se produisent principalement entre des bactéries d'une même espèce ou d'espèces différentes, rendant possible la diffusion d'un gène de résistance à de multiples bactéries présentes dans un organisme vivant, en particulier dans ses flores commensales. C'est ainsi que la plupart des bactéries deviennent multi-résistantes c'est-à-dire ne résistant pas seulement à un antibiotique mais à plusieurs (Doublet *et al.*, 2012).

Ainsi, la multiplicité des transferts de l'antibiorésistance atteste de l'existence d'une corrélation entre la santé de l'humanité, de la faune et de la flore. Toutefois, la complexité des mécanismes de transfert de l'antibiorésistance couplée à l'insuffisance des recherches scientifiques rendent impossible une étude systémique des flux de bactéries résistantes entre les écosystèmes. La dissémination des résistances aux antibiotiques illustre la difficulté des recherches selon l'approche holistique que préconise entre autres le concept « *One Health* ».

### Un problème relié : les biocides et leurs conséquences

Le terme de « biocide » désigne une vaste famille de substances chimiques qui regroupe les produits phytosanitaires, les anti-parasitaires et les antibiotiques à usage médicaux, vétérinaires, domestiques ou industriels, et les désinfectants. De par leur toxicité,

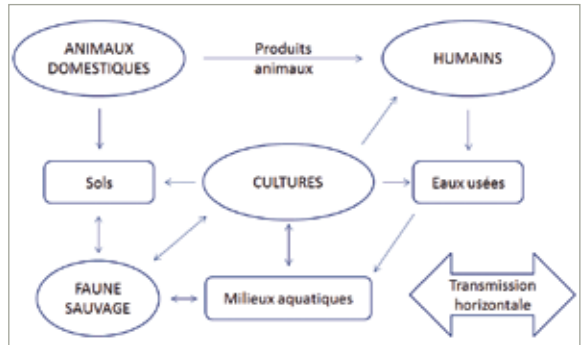


Figure 1. Schématisation des échanges d'antibiorésistance entre les écosystèmes. D'après Vittecoq M, 2014.

l'Union européenne a soumis ces substances à réglementation. D'abord défini par la directive n° 98/8/CE du 16 février 1998, les biocides sont désormais encadrés par un règlement datant de 2012 où une substance préoccupante est désignée par « *toute substance autre que la substance active, intrinsèquement capable de provoquer immédiatement, ou dans un avenir plus lointain, un effet néfaste pour l'homme, en particulier les groupes vulnérables, les animaux ou l'environnement, et qui est contenue ou produite dans un produit biocide à une concentration suffisante pour présenter un risque de provoquer un tel effet* ». L'exposé présenté par Philippe Carencio a porté principalement sur les **antiseptiques et détergents** (Carencio, 2014).

Les conditions d'hygiène strictes imposées en milieu hospitalier se traduisent par une augmentation significative de l'utilisation des biocides. Il est désormais avéré que **les biocides contribuent à des phénomènes d'antibiorésistance**. Les mécanismes menant à la résistance sont mal connus, mais proviendraient en partie de modifications cellulaires comme des changements de composition des enveloppes cellulaires qui limitent l'absorption ou l'expression de mécanismes d'efflux (Poole, 2003 ; McDonnell, 1999 ; Schweizer, 2001). La **résistance**



**aux biocides** surviendrait aussi suite à des modifications moléculaires : par mutation ou amplification de gènes chromosomiques endogènes ou par l'acquisition de déterminants de résistance *via* des éléments extra-chromosomiques mobiles comme les plasmides et transposons (Paulsen, 1996).

Au-delà de ces conséquences sur l'antibiorésistance, **la question de l'efficacité de ces biocides est posée**. En effet, plus de 99 % des bactéries sont attachées aux surfaces, sécrétant une matrice extracellulaire protectrice en organisant une communauté appelée « biofilm ». Or, on dénote une résistance accrue de ces biofilms aux différents biocides utilisés jusqu'alors. Pourtant l'efficacité de ces produits est en constante évaluation et il existe différentes normes relatives aux désinfectants et à leurs activités bactéricides (EN13727, EN14561). Il a été constaté que les désinfectants principalement utilisés (à partir d'ammonium quaternaire) étaient efficaces dans le cas de bactéries en suspension mais peu actifs dans le cas de bactéries agglomérées en biofilm (Peng *et al.*, 2002). De plus, la recolonisation des surfaces après désinfection est très rapide, généralement effective en environ 2 heures (Carenco, 2014).

## Des solutions et des pistes pour agir

### Réduire la consommation

La réduction de la consommation des antibiotiques, que ce soit en médecine humaine ou vétérinaire ou en agriculture, apparaît la première solution pour limiter l'émergence et la diffusion de l'antibiorésistance (Andremont, 2014). Les différents plans d'action nationaux et internationaux mis en place cette

dernière décennie ont montré l'efficacité de telles mesures. À titre d'exemple en médecine humaine, le premier plan national français de lutte pour une diminution de l'utilisation des antibiotiques a vu le jour en 2002 (Sabuncu *et al.*, 2009). Les résultats de cette campagne ont permis de diminuer la prescription d'antibiotiques de 26,5 % en 5 ans avec notamment la campagne de communication utilisant le célèbre slogan : « Les antibiotiques, c'est pas automatique » (Sabuncu, 2005). En médecine vétérinaire, le contrôle de l'usage des antibiotiques par les éleveurs hollandais, ayant réduit la consommation d'antibiotiques de 63 % entre 2007 et 2013, a permis une diminution impressionnante de la prévalence de l'antibiorésistance, la proportion d'entérobactéries porteuses de BLSE étant passé de plus de 20 % à 2,7 % en 2013 (Maran, 2014 ; Madec, 2014). Ainsi, d'après le rapport ANSES/ANMV 2014, le volume total des ventes d'antibiotiques en France s'élevait à 700 tonnes en 2013. Il s'agit du tonnage le plus faible enregistré depuis le début du suivi (1999). Les résultats de l'année 2013 confirment la diminution des volumes de ventes observée les années précédentes : -46,7 % depuis 1999, -34 % sur les 5 dernières années, et -10,6 % entre 2012 et 2013. Le plan Ecoantibio2017 a fixé un objectif de réduction de 25% en 5 ans de l'utilisation des antibiotiques. Il faut ainsi poursuivre ces efforts.

### PROPOSITION 1 : MAÎTRISER LA VENTE DES ANTIBIOTIQUES

Face au problème de l'antibiorésistance, des mesures s'imposent en vue de **limiter l'automédication** et les pollutions environnementales liées à des médicaments non consommés. La **vente à l'unité de certains antibiotiques** est expérimentée depuis avril 2014 dans des



pharmacies volontaires de quatre régions françaises pendant 3 ans. Si des revendications des pharmaciens et vétérinaires sur la base d'une augmentation du besoin de main-d'œuvre, d'une adaptation logistique et d'une perte de revenus peuvent être craintes, ce mode de vente du médicament est en place dans d'autres pays, dont les États-Unis, la Suède et le Canada, et ne semble pas poser de problèmes logistiques. Selon les résultats obtenus dans les villes-pilotes, une généralisation de cette mesure à la médecine humaine et vétérinaire pourrait être proposée. Une campagne de communication sur l'importance de l'observance de l'antibiothérapie et le danger de l'automédication pourra accompagner cette mesure.

### ***Développer des voies complémentaires***

Les alternatives à l'utilisation des biocides représentent le principal élément développé au colloque Santé et Biodiversité. Comme développé en première partie, les désinfectants sont des substances dont le rôle est majeur, en particulier dans les établissements de santé, mais leur usage doit être maîtrisé et réfléchi. Outre la question des résistances propres ou croisées, ils ont un impact sur la santé et sont présents en grandes quantités dans les effluents, générant des pollutions environnementales et inhibant les fonctions d'épuration des bactéries présentes dans les égouts. Le comité scientifique SCENIHR, rattaché à la Commission européenne, a publié un rapport sur le sujet en 2009. Il y recommande d'approfondir les connaissances suivant certains axes de recherche et de développer une surveillance.

Dans le cadre du PRSE 2 de la région PACA, un projet de réduction de l'impact des biocides sur le réseau

public d'assainissement issus des établissements de santé du GIP COMET a vu le jour dans la région d'Hyères. Basé sur une utilisation raisonnée de ces substances et le recours à des alternatives mécaniques et thermiques réfléchies, il a permis une réduction de 50 % de leur utilisation entre 2009 et 2014 (Carenco, 2014).

### **PROPOSITION 2 : AMÉLIORER LES PRATIQUES D'ENTRETIEN ET D'USAGE DES DÉSINFECTANTS DANS LES ÉTABLISSEMENTS DE SANTÉ ET APPROFONDIR LES CONNAISSANCES SUR LES LIENS DE CAUSALITÉ ENTRE UTILISATION DE DÉSINFECTANTS ET RÉSISTANCES BACTÉRIENNES AUX ANTIBIOTIQUES**

Sur le modèle du projet pilote mené dans le GIP COMET, des plans d'amélioration des pratiques d'entretien seront mis en place dans les établissements de santé. Un guide des bonnes pratiques d'hygiène sera conçu afin de faciliter l'élaboration de plans efficaces et sûrs. Chaque établissement adaptera son dispositif en fonction de ses pratiques actuelles, de ses contraintes et de ses spécificités. Les cadres de santé et les agents de propreté seront sensibilisés et formés.

Des projets de recherche et de surveillance portant sur les biocides et leur lien avec les résistances aux antibiotiques seront financés.

Toutefois, en dehors de l'utilisation des biocides, de nombreuses autres méthodes alternatives à l'antibiothérapie ont été soulevées.

L'amélioration des **mesures d'hygiène**, notamment dans les pays en voie de développement, permettrait de limiter la diffusion des clones résistants. L'impact de l'utilisation systématique des solutions hydro-alcooliques en milieu hospitalier sur la diffusion des *S. aureus* résistants

---

à la pénicilline constitue un autre exemple.

L'incitation de l'industrie pharmaceutique à développer de **nouveaux antibiotiques** ou d'alternatives thérapeutiques, à base de **substances antibactériennes non antibiotiques** comme les phages, doit être favorisée. Les moyens préventifs comme les vaccins doivent être développés pour agir en amont, limitant les indications d'antibiothérapie. Enfin, des voies de recherche visant à **modifier les propriétés pharmacologiques des molécules existantes** pourraient être une autre alternative, les rendre plus hydrophiles pour une élimination rénale plutôt qu'intestinale, limitant ainsi le contact avec la flore commensale. Des propriétés de dégradation plus rapide de ces molécules dans l'environnement sont à envisager.

#### ***Étendre les systèmes de surveillance***

L'antibiorésistance est en constante évolution. Si elle est présente naturellement dans les milieux naturels, l'utilisation d'antibiotiques influe sur les bactéries de l'environnement. Des recherches sont nécessaires à une meilleure compréhension des phénomènes impliquant les antibiotiques et leurs résistances dans les milieux naturels, réservoirs bactériens majeurs.

Il est fondamental de posséder des données scientifiques fiables et représentatives de la situation et de sa progression au cours du temps. Des programmes de surveillance existent dans les domaines d'origine animale (tels Resapath et réseau Salmonella) et humain (sous l'égide de l'InVS), mais on ne trouve rien de semblable au niveau de l'environnement.

Dans le cadre de la stratégie « *One Health* », afin de considérer le problème dans son ensemble,

une mutualisation des données et une coopération entre les différents domaines est souhaitable. Mis en place en 1995, le programme danois de recherche et de surveillance intégrées de l'antibiorésistance (DANMAP), regroupant les secteurs humain, animal et alimentaire, fut précurseur et a servi de modèle à d'autres pays. Il est par ailleurs mentionné dans la mesure 40 du plan Ecoantibio que le développement d'un programme semblable portant sur « les denrées et animaux produits, introduits ou importés en France » est souhaitable. L'ouverture de ce projet à tous les domaines impliqués permettra d'être plus efficace et pertinent pour mieux lutter.

#### **PROPOSITION 3 : MISE EN PLACE D'UN PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LA RÉSISTANCE DES BACTÉRIES AUX ANTIBIOTIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT**

Les objectifs de ce programme seront de surveiller et d'étudier l'évolution des résistances aux antibiotiques des bactéries dans l'environnement et les milieux naturels. Le développement d'un programme de recherche permettrait d'approfondir l'étude des résistances naturellement présentes dans l'environnement et mieux comprendre les relations qui existent entre utilisation d'antibiotiques et augmentation des résistances bactériennes dans l'environnement.

Au travers d'un programme élargi, l'objectif global serait de surveiller conjointement l'évolution des résistances aux antibiotiques dans les secteurs humain, animal, alimentaire et environnemental, et d'identifier les facteurs de risques épidémiologiques et bactériens qui contribuent à leur émergence et leur propagation ainsi que les interactions impliquées dans le phénomène.

### Coordonner les actions

Depuis deux ans, le congrès économique de Davos a inscrit l'antibiorésistance au sein de la liste faisant état des 50 plus grands dangers de l'humanité. Ceci est représentatif de l'importance de la coordination des actions visant une réduction de la présence d'antibiorésistance.

Les **institutions internationales** sont des acteurs de première importance et il paraît fondamental que l'OMS (Organisation mondiale de la santé) coordonne les actions. En 2011, lors de la journée mondiale de la santé, la directrice générale, le docteur Margaret Chan a martelé que « *ne pas agir aujourd'hui, c'est ne pas pouvoir soigner demain* ». L'OMS a prévu de soumettre à l'Assemblée mondiale de la santé en janvier 2015 un plan de lutte en cinq actions. Ce plan est également soutenu par la BM (Banque mondiale) et soulève beaucoup d'attentes. L'OIE (Office international des épizooties) a quant à elle développé un programme (en accord avec l'OMS et la FAO) dont les cinq lignes directrices ont été adoptées par les pays membres en 2004. La coopération entre les grandes instances internationales permet une synergie des actions et évite la mise en place de normes contradictoires (Dehaumont, 2005). Question de santé publique, le problème de l'antibiorésistance doit être abordé dans une vision globale type « *One Health* », prenant en compte la santé humaine, la santé des animaux domestiques et de production ainsi que la santé des animaux de la faune sauvage.

Au **niveau national**, les Gouvernements doivent jouer un rôle central de coordination des actions. En France, il est à déplorer la séparation des plans nationaux de réduction des antibiotiques en médecine humaine (Plan national d'alerte sur les antibiotiques, ministère de la

Santé) et en médecine vétérinaire, ainsi que les mesures de politique agricole (Ecoantibio, ministère de l'Agriculture). L'unification de ces plans permettrait de mutualiser les moyens d'action, de prévention et de communication. Par ailleurs, la problématique environnementale est pour l'heure peu considérée, alors que les données actuelles indiquent que les milieux naturels sont concernés par ce problème alarmant.

Enfin, les **associations** telles que ACdeBMR (Alliance contre le développement des bactéries multi-résistantes) rassemblent en leur sein des professionnels de tous horizons concernés par la question de l'antibiorésistance pour proposer des solutions et faire évoluer les mentalités (Carlet, 2014).

### PROPOSITION 4 : CRÉATION D'UN DÉLÉGUÉ INTERMINISTÉRIEL À LA LUTTE CONTRE L'ANTIBIORÉSISTANCE

Un délégué interministériel à la lutte contre l'antibiorésistance permettrait de coordonner l'action des différents ministères impliqués en matière de lutte contre l'antibiorésistance, en veillant notamment à associer l'ensemble des acteurs concernés. Face à cet enjeu majeur, les actions, jusqu'alors dispersées, gagneraient à être coordonnées et à bénéficier d'une vision globale du phénomène. La cohérence, la visibilité, la force de communication et le portage politique en seraient améliorés. Une telle mesure a fait la preuve de son efficacité dans d'autres secteurs, tels que la sécurité routière ou la lutte contre le racisme et l'antisémitisme.

## Conclusions

La limitation de l'émergence et de la diffusion de l'antibiorésistance constitue un enjeu majeur de

santé publique dans le monde. La valorisation et la coordination des mesures nationales et internationales déjà en place est essentielle, en s'appuyant sur l'enseignement, les professionnels de terrain, les laboratoires de recherche et les associations. Médecins, vétérinaires et pharmaciens sont garants d'une utilisation appropriée des antibiotiques et la recherche doit se développer en partenariat avec les professionnels et selon les attentes sociétales pour imaginer des alternatives aux antibiotiques.

---

**Président de l'atelier :**

Pr. Patrice COURVALIN<sup>4</sup>

**Interpellateurs :**

Pr. Jean CARLET<sup>5</sup>, Pr. Jean-Yves MADEC<sup>6</sup>

**Orateurs :**

Pr. Antoine ANDREMONT<sup>7</sup> : les risques médicaux de l'antibiorésistance dans la complexité des relations Nord-Sud.

Pr. Jean-Yves MADEC : l'antibiorésistance en médecine vétérinaire.

Dr. Loïc BOLLACHE<sup>8</sup> : relation trophique et prévalence de gènes de résistances aux antibiotiques dans les communautés bactériennes de poissons.

Dr. Philippe CARENCO<sup>9</sup>, l'enjeu de l'hygiène hospitalière dans la prévention de la diffusion des résistances bactériennes en milieu naturel.

---

4. Institut Pasteur, chef de l'unité des agents antibactériens.

5. Consultant en maladies infectieuses, président de la WAAAR (World alliance against antibiotic resistance).

6. ANSES : Directeur de Recherches et Chef de l'unité Antibiorésistance et virulence bactériennes.

7. Hôpital Bichat-Claude Bernard, directeur du laboratoire de bactériologie.

8. Université de Bourgogne, laboratoire de biogeosciences.

9. Centre hospitalier de Hyères (Var), médecin hygiéniste.

Dr. Marion VITTECOQ<sup>10</sup> et Pr. François RENAUD<sup>11</sup> : antibiorésistance, écosystèmes, faune sauvage.

Pr. Jean CARLET : les solutions pour endiguer le problème : les plans antibiotiques, les propositions de la WAAAR<sup>12</sup>.

**RÉFÉRENCES**

Albrich WC, Monnet DL, Harbarth S. Antibiotic selection pressure and resistance in *Streptococcus pneumoniae* and *Streptococcus pyogenes*. *Emerg Infect Dis* 2004 ; 10 : 514-7.

Andremont A. Antibiotiques en médecine : les espoirs du soir ! Colloque Santé – Biodiversité, 27 novembre 2014 à VetAgro sup, Campus vétérinaire de Lyon (Marcy l'Étoile), France. Consultable sur [http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page\\_id=509](http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page_id=509)

Carenco P. Réduire les biocides issus des effluents hospitaliers. Colloque Santé – Biodiversité, 27 novembre 2014 à VetAgro sup, Campus vétérinaire de Lyon (Marcy l'Étoile), France. Consultable sur [http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page\\_id=509](http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page_id=509)

Carlet J. Dix propositions de ACdeBMR/WAAAR pour lutter contre la résistance bactérienne aux antibiotiques. Colloque Santé – Biodiversité, 27 novembre 2014 à VetAgro sup, Campus vétérinaire de Lyon (Marcy l'Étoile), France. Consultable sur [http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page\\_id=509](http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page_id=509)

Dehaumont P. Antibiorésistance : lignes directrices de l'OIE et consultation OIE/OMS/FAO. Tribune de l'OIE. 2005. Consultable sur <http://www.oie.int/doc/ged/D3472.PDF>

10. La Tour du Vallat, en charge d'un projet de recherche sur le rôle de la faune sauvage dans la dynamique des antibiorésistances, en liaison avec l'unité MIVEGEC du CNRS.

11. Directeur adjoint de l'unité MIVEGEC (CNRS-IRD-Université Montpellier) et Chargé de Mission Scientifique à l'Institut Écologie et Environnement (INEE).

12. Voir : <http://www.infectiologie.com/site/waaar.php>

Doublet B, Bousquet-Mélou A, Madec JY. Le concept « One Health » en antibiorésistance et les flux de gènes. In: *Innovations Agronomiques* 24 (2012), 79-90.

European Center for Disease Prevention and Control. The bacterial challenge: time to react, Joint Technical Report from ECDC and EMA, Stockholm, September 2009. Consultable sur [http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/Forms/ECDC\\_DisForm.aspx?ID=444](http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/Forms/ECDC_DisForm.aspx?ID=444)

Goossens H, Ferech M, Vander Stichele R, *et al.*, Outpatient antibiotic use in Europe and association with resistance: a cross-national database study. *Lancet* 2005 ; 365 : 579-87.

Haenni M, Saras E, Châtre P, *et al.*, VanA in *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus casseliflavus* detected in French cattle. *Foodborne Pathog Dis* 2009 ; 6 : 1107-11.

Madec JY. L'antibiorésistance en médecine vétérinaire. Colloque Santé – Biodiversité, 27 novembre 2014 à VetAgro sup, Campus vétérinaire de Lyon (Marcy l'Étoile), France. Consultable sur [http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page\\_id=509](http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page_id=509)

McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clin Microbiol Rev* 1999 ; 12 : 147-79.

MARAN 2014. Monitoring of Antimicrobial Resistance and antibiotic usage in animals in the Netherlands in 2013. Consultable sur [http://www.wageningenur.nl/upload\\_mm/1/a/1/0704c512-5b42-4cef-8c1b-60e9e3fb2a62\\_NethMap-MARAN2014.pdf](http://www.wageningenur.nl/upload_mm/1/a/1/0704c512-5b42-4cef-8c1b-60e9e3fb2a62_NethMap-MARAN2014.pdf)

Paulsen IT, Brown MH, Skurray RA. Proton-dependent multidrug efflux systems. *Microbiol Rev* 1996 ; 60 : 575-608.

Peng JS, Tsai WC, Chou CC. Inactivation and removal of *Bacillus cereus* by sanitizer and detergent. *Int J Food Microbiol* 2002 ; 77: 11-8.

Poole, K. Mechanisms of bacterial biocide and antibiotic resistance. *Symp*

*Ser Soc Appl Microbiol* 2002 ; 31 : 55S-64S.

SCENIHR, Assessment of the Antibiotic Resistance Effects of Biocides, 2009. Consultable sur [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihr/docs/scenihr\\_o\\_021.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_021.pdf)

Schweizer HP. Triclosan : a widely used biocide and its link to antibiotics. *FEMS Microbiol Lett* 2001 ; 202 : 1-7.

Sabuncu E, David J, Bernède-Bauduin C, *et al.*, Significant Reduction of Antibiotic Use in the Community after a Nationwide Campaign in France, 2002-2007. *PLoS Med* 2005 ; 6 : e1000084.

Thaller MC, Migliore L, Marquez C, *et al.*, Tracking acquired antibiotic resistance in commensal bacteria of Galápagos land iguanas : no man, no resistance. *PLoS One* 2010 ; 5 : e8989.

Tremolières F. Quand le miracle antibiotique vire au cauchemar. *Med Sci (Paris)* 2010 ; 26 : 925-9.

Vittecoq M, Renaud F. Quel rôle pour la faune sauvage dans la dynamique des antibiorésistances ? Colloque Santé – Biodiversité, 27 novembre 2014 à VetAgro sup, Campus vétérinaire de Lyon (Marcy l'Étoile), France. Consultable sur [http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page\\_id=509](http://sante-biodiversite.vetagro-sup.fr/?page_id=509)

Weill FX, Lailier R, Praud K, *et al.*, Emergence of extended-spectrum-beta-lactamase (CTX-M-9)-producing multiresistant strains of *Salmonella enterica* serotype Virchow in poultry and humans in France. *J Clin Microbiol* 2004 ; 42 : 5767-77.

Woerther PL, Burdet C, Chachaty E, *et al.*, Trends in human fecal carriage of extended-spectrum beta-lactamases in the community: toward the globalization of CTX-M. *Clin Microbiol Rev* 2013 ; 26:744-58.

World Health Organization. Antimicrobial resistance : global report on surveillance 2014. Consultable sur <http://www.who.int/drugresistance/en/>

---

# ATELIER C

## MICROBIOTE, GÉNOME ET EXPOSOME

■ Fabrice VAVRE<sup>1 2</sup>

*La biodiversité peut être déclinée à différentes échelles d'organisation, depuis l'écosystème jusqu'au gène. Pourtant, la question de la relation entre santé et biodiversité reste majoritairement envisagée à l'échelle des espèces au sein des écosystèmes. L'atelier C a justement été l'occasion de s'intéresser à d'autres niveaux de biodiversité, et en particulier à la biodiversité entre et à l'intérieur des individus d'une même espèce. Les caractéristiques individuelles sont en effet gouvernées par de multiples interactions entre des facteurs intrinsèques à l'individu (e.g. génotype, sexe, âge...), et des facteurs extrinsèques, comme le contexte social et l'exposition environnementale. Par ailleurs, l'émergence récente des études sur les microbiotes, i.e. l'ensemble des micro-organismes associés à l'organisme, et de l'importance de leur biodiversité, est en train de modifier totalement notre vision de la relation à l'environnement et en particulier à l'alimentation, de certaines pathologies, voire de notre conception même de l'individu et de sa santé. Comment considérer l'ensemble de ces biodiversités, comment les prendre en compte et pour quelles applications ? Ceci a fait l'objet de la première question de cet atelier. Enfin, cette question de la biodiversité interne des organismes doit également prendre en compte l'interaction avec les communautés de pathogènes. L'individu doit être considéré comme un écosystème où co-existent de nombreux organismes dont les interactions peuvent-être directes ou médiées par le système immunitaire. Comment modifier notre vision du monde microbien et de la relation hôte-micro-organismes pour mieux gérer les infections et la santé des individus et des populations ? Doit-on éradiquer les parasites ? Voilà les autres questions qui ont été abordées lors de cet atelier.*

---

1. CNRS, Directeur de recherche responsable de l'équipe « Écologie et évolution des interactions hôtes – parasites » au sein du laboratoire de biométrie et biologie évolutive (UMR CNRS 5558, Université Lyon 1).

2. En liaison avec Dominique PONTIER, professeure des universités de classe exceptionnelle, co-directrice du LabEx Ecofect (« Dynamique éco-évolutionniste des maladies infectieuses »), Université Claude Bernard Lyon 1, et Michel RAYMOND de l'Institut des Sciences de l'Évolution, Université Montpellier II, CNRS UMR 5554, 34095 Montpellier, ainsi que qu'avec l'appui des étudiants en Master 2 Management des Biobanques, ESTBB (École supérieure de biologie-biochimie-biotechnologies), Université Catholique de Lyon, Maxime Anquetin et Edwin Bouchet, mais aussi des étudiants : Leslie DUMAS (Lyon 3), Clothilde GROS (Lyon 3), Adrien PAYET (Lyon 3), Louis BONHEME (VetAgroSup), Mathieu LACROIX (Université Catholique de Lyon).

## Variabilité intraspécifique et santé

### *Quelles échelles considérer ?*

Le phénotype d'un individu dépend tout d'abord de nombreux déterminants. Il est tout d'abord la résultante de l'expression du génome des individus, mais d'autres facteurs interviennent également, liés soit à des caractéristiques intrinsèques de l'individu (son sexe, son âge), soit à des facteurs environnementaux comme le contexte social ou l'exposition à différentes conditions environnementales constituées d'agents physiques, biologiques (bactéries, virus, champignons...), chimiques (au sens large, alimentation, toxiques, y compris les médicaments...). Les travaux actuels sur la plasticité phénotypique et l'épigénétique montrent en particulier comment l'expression d'un même génotype est affectée par ces différents facteurs. La notion d'exposome (qui définit l'ensemble des expositions auxquelles un individu est confronté depuis la vie prénatale ; Wild, 2012) est dans ce contexte particulièrement intéressante, mais sa définition doit être précisée afin de permettre d'étudier les interactions entre les différents constituants de cet exposome (effets cocktails), mais surtout, dans le contexte santé-biodiversité, avec les variations génétiques, épigénétiques qui vont déterminer au final le phénotype des individus et notamment ses affections et sa longévité.

Les phénomènes d'adaptation locale sont la résultante de l'interaction entre les déterminants de la variabilité interindividuelle, la structuration géographique de l'environnement et la sélection des génotypes les mieux adaptés localement. L'exposé de Guillaume

Laval a notamment été l'occasion de montrer la très importante structuration génétique des populations humaines et de mettre en évidence des patrons d'adaptation locale très forts sur des gènes impliqués dans différents traits comme le métabolisme ou la réponse immunitaire (e.g. Barreiro *et al.*, 2009). Ainsi, non seulement il est possible de déterminer l'origine géographique d'un individu sur la base de son seul génotype, mais cette variation n'est pas seulement neutre. Elle est également le fruit de réponses sélectives à différents facteurs environnementaux et sociaux, parmi lesquels l'environnement pathogénique prend une importance considérable.

Enfin, il ne fait aujourd'hui plus aucun doute que de nombreux traits individuels sont également sous l'influence des nombreux micro-organismes (bactéries, virus...) qui sont en association étroite avec l'individu et contribuent à son fonctionnement (McFall-Ngai *et al.*, 2013). L'individu n'est pas un organisme, c'est une chimère, un écosystème, dont nous commençons seulement à comprendre l'importance et à appréhender la complexité. Chez l'homme, on peut ainsi distinguer le microbiote de l'intestin, des voies respiratoires, de l'épiderme ou encore du vagin. Dans l'intestin, cette diversité est immense : chaque individu porte des centaines d'espèces bactériennes dont le nombre de cellule dépasse d'un ordre de grandeur le nombre de nos propres cellules, et dont le nombre de gènes est au moins cent fois supérieur au nombre de gènes dans notre propre génome. Champ scientifique en plein essor, les études sur le microbiote montrent en particulier la relation entre la biodiversité interne des individus et leur état de santé (e.g. Nicholson *et al.*, 2012). Une réduction de la richesse



des communautés bactériennes a en effet été associée à plusieurs maladies métaboliques, dont l'obésité. Mais les dérèglements du microbiote (les dysbioses) pourraient également toucher d'autres pathologies comme les maladies auto-immunes ou encore des désordres psychologiques. Trait complexe lié au génotype de l'hôte, à l'environnement, et notamment à l'alimentation, à l'âge, le microbiote est potentiellement un révélateur (biomarqueur) de nombreuses pathologies, mais également une ouverture vers de nouvelles méthodes de traitements (pré et probiotiques, greffes fécales...). Il s'agit par contre d'une problématique complexe qui doit faire intervenir plusieurs champs disciplinaires, et notamment l'écologie microbienne pour mieux comprendre la formation, la dynamique et les réponses de ces écosystèmes intra-individus aux divers stress environnementaux. Comme relevé lors de l'intervention de Xavier Leroux, il est aujourd'hui nécessaire d'intégrer l'écologie et la biodiversité à cette échelle intra-individuelle.

### *De l'importance de la biodiversité intraspécifique et intra-individuelle en santé*

Ce constat posé, comment intégrer ces différentes variabilités à la gestion de la santé, qu'elle soit végétale, animale ou humaine. Nous détaillons ci-après quelques points permettant de mesurer l'importance de considérer ces échelles inter- et intra-individuelles dans ces problématiques.

⇒ **Variabilité, autorisations de mise sur le marché et médecine personnalisée.** Tout d'abord, force est de constater que les études d'autorisation de mise sur le marché (AMM) ne prennent que très peu en compte les sources de variations

inter-individuelles. Ainsi, les AMM sont généralement issues d'études réalisées sur des adultes, de sexe masculin et d'origine caucasienne. Dans ce contexte, il n'est pas anodin de constater que les effets secondaires des médicaments sont par exemple plus importants chez les femmes que chez les hommes (Sastre, 2014), ou alors que certaines études montrent que la posologie doit être adaptée à l'origine ethnique des individus (McDowell et al., 2006). Et que dire des posologies adaptées chez les enfants par une simple règle de trois ! L'intégration de différentes sources de variabilité doit être repensée. Ceci n'est pas sans difficulté, notamment d'ordre éthique puisque l'origine ethnique doit être exclue des questionnaires, mais il s'agit d'établir les meilleurs protocoles pour tester les effets secondaires et les posologies en considérant tous les facteurs pouvant affecter la réponse individuelle.

Cette individualisation des pratiques médicales est un des enjeux actuels de la médecine personnalisée. Devant la diversité des déterminants de la variabilité, il devient particulièrement important de rechercher des biomarqueurs non seulement au niveau du génome, mais potentiellement également au niveau du transcriptome, du protéome... et du microbiome.

⇒ **Exposome et variabilité.** L'exposition des individus varie nécessairement avec la géographie, le contexte socio-économique et les professions... Les interactions entre ces différents facteurs semblent être un point important à considérer. En particulier, la variabilité génétique étant structurée géographiquement, tout comme l'exposome, il convient de prendre en compte de potentielles interactions génotypes x environnement. La question n'est sans doute pas politiquement correcte,



mais se pose pourtant de manière assez évidente.

⇒ **Les effets retards.** Plusieurs études, notamment sur le microbiote, montrent comment certaines pratiques médicales chez le jeune enfant peuvent altérer la composition de ce microbiote plus tard dans la vie. Ainsi, accoucher par voie naturelle ou césarienne affecte la composition du microbiote à la naissance avec des répercussions possibles sur la constitution de la flore plus tard dans la vie. Il en va de même pour les traitements antibiotiques chez le jeune enfant qui peuvent perturber la maturation de ces flores. Plusieurs études mettent aujourd'hui en évidence que ces effets peuvent entraîner une susceptibilité plus importante à certaines pathologies comme les allergies. Ces effets retards sont difficiles à étudier, mais ces premiers éléments nous amènent à réfléchir aux conséquences à long terme de certaines pratiques. Un autre domaine où ces effets retards sont particulièrement importants concerne l'exposome, dont les conséquences, comme la survenue de cancer, peuvent être bien postérieure à l'exposition. Pour l'ensemble de ces questions, des suivis de cohorte sont nécessaires.

### *Adaptations locales, changements environnementaux et décalages (« mismatches ») évolutifs*

Dans un contexte environnemental changeant très rapidement, la sélection a parfois du mal à être une réponse efficace. En particulier, la sélection ayant opéré dans un environnement différent du contexte dans lequel les organismes évoluent aujourd'hui, des « décalages évolutifs » peuvent exister, avec une maladaptation des organismes à leurs

conditions actuelles. Ces phénomènes sont d'une importance considérable dans le contexte des changements globaux. Changement climatique, globalisation, introductions multiples et émergences sont autant de situations dans lesquels ces décalages évolutifs peuvent exister. Dans le domaine de la santé des plantes et des animaux, l'utilisation des ressources génétiques peut être un moyen de mitiger ces effets. Cette variabilité génétique est également une ressource importante à considérer pour limiter la propagation des agents pathogènes, dont l'adaptation est facilitée par l'uniformité génétique des hôtes. Nos systèmes de production agricole basés sur l'utilisation d'un génotype particulier doivent être repensés, et constituent un des fondements de l'agroécologie. La préservation des ressources génétiques à cette échelle intraspécifique revêt donc une importance cruciale pour l'avenir, aussi bien pour mitiger les effets des changements climatiques sur nos systèmes de production que de limiter la propagation des agents infectieux.

L'être humain n'échappe pas à ces décalages évolutifs, au contraire. L'urbanisation, les pratiques médicales, l'hygiène, la globalisation, l'alimentation ont bouleversé l'environnement des êtres humains. Ces bouleversements doivent nous amener à réfléchir à notre maladaptation et à ses conséquences. Le recul des maladies infectieuses dans les sociétés occidentales a notamment été associé à l'émergence de nouvelles pathologies (Bach, 2002). Pour nombre d'entre elles, le lien de causalité est évident. Vieillesse de la population, changements alimentaires et de modes de vie, appauvrissement des cortèges parasitaires contribuent à ces émergences. Est-il possible de réduire ces décalages ? Des solutions sont envisageables, mais dans un premier temps, identifier les

---

causes de ces émergences dans ce contexte de décalage est primordial pour pouvoir agir en amont et limiter notamment les impacts non souhaités de nos interventions.

## Faut-il éradiquer les parasites ?

### *Une question qui dépend du contexte*

De tout temps, l'être humain a cherché à se protéger des parasites et des pathogènes. L'éradication a souvent été envisagée, mais très rarement été effective. L'éradication semble donc déjà un objectif difficile à atteindre. Tout dépend également du contexte, comme souligné lors de l'intervention de Philippe Vanhems. Les mesures à prendre dépendent en particulier de la population ciblée, du contexte et du parasite visé. Ainsi, les solutions à envisager ne sont pas les mêmes si l'on s'adresse à des patients immunodéprimés à l'hôpital ou à des enfants à l'école ! Dans tous les cas, il convient de déterminer les risques et les bénéfices associés au contrôle ou à l'éradication. Dans ce contexte, la compréhension des dynamiques de transmission reste un objectif crucial dans ces différents contextes.

### *Les pathogènes forment des communautés*

Le problème est également celui de la santé individuelle et de la santé des populations. Certains micro-organismes infectent notamment de nombreux individus de manière asymptomatique et se révèlent pathogènes chez une fraction infime de la population humaine. C'est le cas par exemple de l'agent de la méningite *Neisseria meningitidis* qui infecte entre 5 et 10 % de la population générale, mais dont la forme méningitique concerne moins de 1/10000 personnes dans les

pays industrialisés (Caugant, 2008). Une question particulièrement difficile est de savoir si les porteurs asymptomatiques peuvent en fait bénéficier de la présence du micro-organisme. Quelles pourraient être les conséquences de l'éradication sur la survenue d'autres pathogènes, dont la niche est actuellement occupée ou dont la prolifération pourrait être limitée par la présence de cet agent ? Dans ce contexte, les études montrant comment le virus de l'Herpès peut protéger contre d'autres infections chez la souris sont particulièrement révélatrices, et posent directement la question d'éventuels effets bénéfiques de certains pathogènes (Barton *et al.*, 2007) ! Comment protéger les quelques individus qui développent des pathologies graves, sans pour autant exposer l'ensemble de la population à d'autres risques ? Les pathogènes et parasites forment des communautés dont les interactions restent mal connues. Il s'agit là d'un enjeu majeur pour l'avenir que de comprendre ces interactions et de déterminer l'impact des mesures de contrôle de certains pathogènes sur l'ensemble de la communauté, comme rappelé dans la présentation de Benjamin Roche. Enfin, cette question doit être élargie à l'ensemble du microbiote, qui participe directement au contrôle des pathogènes, notamment par des mécanismes d'exclusion compétitive.

### *Cortèges parasitaires et décalage évolutif*

Notre système immunitaire a évolué dans un contexte parasitaire riche. La réduction de la pression parasitaire a bien entendu conduit à des améliorations très importantes en termes de santé, mais force est de constater que ces bénéfices se sont également accompagnés de nouvelles pathologies, comme les maladies auto-immunes, qui pourraient être

en partie due à une exposition trop limitée à l'environnement microbien et parasitaire. Faut-il redonner accès à ces sources d'infection ? Doit-on éviter un traitement systématique des infections ? Le développement de nouvelles méthodes de traitement de certaines maladies auto-immunes, comme la maladie de Crohn, est révélateur. Notre système immunitaire est composé de différentes voies, en partie antagonistes. En particulier, la voie Th1 est pro-inflammatoire et est notamment activée en réponse à des microparasites, au contraire de la voie Th2, anti-inflammatoire et orientée contre les infections par des macroparasites comme les vers intestinaux. L'absence d'exposition à des vers intestinaux dans les sociétés industrialisées pourrait avoir conduit à une diminution de la stimulation de la voie Th2 et à des maladies pro-inflammatoires. Afin de limiter ces symptômes pro-inflammatoires, le traitement consiste à faire ingérer des œufs de vers parasites (ne se développant pas chez l'homme) pour stimuler la réponse Th2 (Elliot & Weinstock, 2012) !

Plus généralement, et en intégrant la dimension du microbiote, nous devons ainsi repenser le fonctionnement de l'organisme écosystème comme basé sur un tryptique composé du système immunitaire, des communautés de micro-organismes « bénéfiques » et enfin des communautés de parasites et de pathogènes (Eberl, 2010). De multiples interactions sont ouvertes entre l'environnement, l'alimentation, et la composition et le fonctionnement de ces communautés (figure 1). Il s'agit en fait de travailler au bon équilibre entre ces différents acteurs et notre santé, bon équilibre parfois malmené par les évolutions rapides de nos sociétés. Pour finir, ces questions ne doivent pas être restreintes à la santé humaine. Que ce soit en santé animale ou végétale,

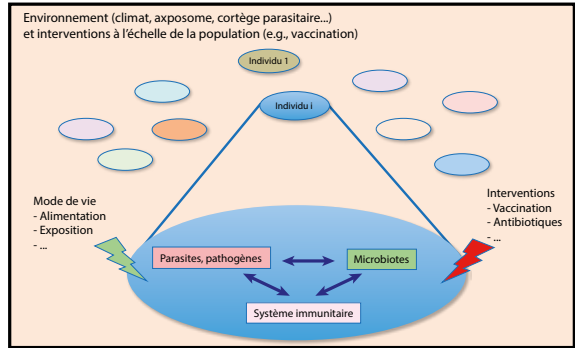


Figure 1 : Dans une population, les individus de différents génotypes, représentés par des ellipses de couleurs différentes, évoluent dans un contexte environnemental donné qui inclut de nombreux facteurs, eux-mêmes modulés par les interventions humaines. Le phénotype de chaque individu (par exemple l'individu i) est lui-même modulé par son mode de vie, les interventions médicales qu'il a subies, et qui vont influencer l'équilibre entre le fonctionnement de son système immunitaire, ses microbiotes et son cortège parasitaire propre.

les mêmes questions se posent et doivent être intégrées dans notre gestion de la biodiversité et des pratiques de production agricole.

## Conclusions

Les différents éléments abordés lors de cet atelier montrent qu'un enjeu majeur de la problématique santé-biodiversité est sa déclinaison à l'échelle intra-spécifique et intra-individuelle. Les différences individuelles sont la résultante de nombreux facteurs qu'il faut étudier individuellement, mais également (et surtout ?) dans le contexte de leurs interactions. En particulier, la problématique santé-environnement doit intégrer les interactions entre l'exposome et les facteurs de variabilité inter-individuelle, comme le génotype ou la composition du microbiote. De la même façon, notre approche des maladies infectieuses doit être repensée dans un contexte de communautés constituées des pathogènes, des parasites et des microbiotes qui constituent la biodiversité interne des individus.

---

## Les actions

Les travaux réalisés lors de cet atelier nous amènent à quelques propositions.

- ➔ Nous avons largement insisté sur le problème des décalages évolutifs et de l'impact des stratégies de lutte sur l'évolution des pathogènes et des pathologies. Plus généralement, les problématiques écologiques et évolutives doivent être intégrées par les communautés médicales et vétérinaires. Pour cela, un effort important doit être mené pour développer les enseignements de l'écologie et l'évolution dans les cursus de formation.
- ➔ Comme souligné, la conservation et l'utilisation des ressources génétiques doivent être une priorité dans les domaines de la production animale et végétale. Au niveau international, les actions de la FAO et de la Commission pour la protection et la conservation des ressources génétiques doivent être soutenues et renforcées.
- ➔ Développer les recherches sur le microbiote. Il s'agit d'un domaine en pleine expansion mais où les disciplines de l'écologie et de l'évolution restent encore sous-représentées. Pourtant, comprendre la mise en place et le fonctionnement de ces flores est une thématique écologique où les espèces pionnières, les successions écologiques, les règles d'assemblage, la fonctionnalité des communautés, leur résistance aux agresseurs et leur résilience, sont au cœur des questions à aborder.
- ➔ Favoriser l'accès à la biodiversité microbienne. Il apparaît évident que le système immunitaire peut être éduqué et que cette éducation passe notamment par un accès à la biodiversité microbienne et au bon fonctionnement des microbiotes. L'accès à la

biodiversité microbienne rejoint notamment la question de la biodiversité en ville et de la possibilité d'être en contact direct avec cette biodiversité. La gestion des microbiotes nécessite pour sa part un travail à coordonner avec différents acteurs : industrie agro-alimentaire, médecins, écologues...

- ➔ Un effort particulier doit être réalisé pour informer la population des relations entre alimentation, microbiote et santé. Cet aspect important et novateur permettra également de renforcer l'idée du lien entre santé et biodiversité. Quoi de plus parlant en effet que de constater que son état de santé dépend de la biodiversité présente à l'intérieur même de son propre corps.

---

### Président :

Dr. Frédéric THOMAS<sup>3</sup>

### Interpellateur :

Dr. Michel RAYMOND

### Grand témoin :

Pr. Francelyne MARANO<sup>4</sup>

### Orateurs :

Dr. Guillaume LAVAL<sup>5</sup>, variabilité génétique des populations humaines, adaptation et santé

Dr. Xavier LEROUX<sup>6</sup>, comment la biodiversité microbienne des « réservoirs » environnementaux ou humains influence-t-elle l'invasibilité

---

3. Directeur de recherches au CNRS à Montpellier, domaine des interactions hôtes-parasites, en particulier la manipulation parasitaire.

4. Université Paris Diderot, Professeur émérite de biologie cellulaire et de toxicologie, Présidente de la Société française de santé et environnement (SFSE).

5. Institut Pasteur, chargé de recherche, généticien des populations.

6. INRA, Université Claude Bernard Lyon1, Directeur de recherches, co-directeur de l'équipe de recherche diversité fonctionnelle microbienne et cycle de l'azote.

## des pathogènes ?

Pr. Philippe VANHEMS<sup>7</sup>, risque infectieux lié à l'environnement hospitalier

Dr. Benjamin ROCHE<sup>8</sup>, conséquences des tentatives d'éradication, intérêt de la biodiversité

7. Hôpital Edouard Herriot (Hospices civils de Lyon), médecin, responsable du Pole santé, recherche, risques et vigilances (S2RV) et du service d'hygiène, épidémiologie et prévention.

8. IRD, responsable de l'équipe « Épidémiologie et santé » au sein du laboratoire UMMISCO (IRD/UPMC).

## RÉFÉRENCES

- Bach, JF (2002). Mechanisms of disease: The effect of infections on susceptibility to autoimmune and allergic diseases. *New England Journal of Medicine*, 347, 911-920.
- Barreiro, LB; Ben-Ali, M; Quach, H; Laval, G; Patin, E; Pickrell, JK; Bouchier, C; Tichit, M; Neyrolles, O; Gicquel, B; Kidd, JR; Kidd, KK; Alcais, A; Ragimbeau, J; Pellegrini, S; Abel, L; Casanova, JL; Quintana-Murci, L (2009). Evolutionary dynamics of human Toll-Like receptors and their different contributions to host defense. *PLoS Genetics*, 5, e1000562.
- Barton, ES; White, DW; Cathelyn, JS; Brett-McClellan, KA; Engle, M; Diamond, MS; Miller, VL; Virgin, HW (2007). Herpesvirus latency confers symbiotic protection from bacterial infection. *Nature*, 447, 326-329.
- Caugant, DA (2008). Genetics and evolution of *Neisseria meningitidis*: Importance for the epidemiology of meningococcal disease. *Infection Genetics and Evolution*, 8, 558-565.
- Eberl, G A (2010). New vision of immunity: homeostasis of the superorganism. *Mucosal Immunology*, 3, 450-460.
- Elliott, DE; Weinstock, JV (2012). Where are we on worms ? *Current Opinion in Gastroenterology*, 28, 551-556.
- McDowell, SE ; Coleman, JJ ; Ferner, RE (2006). Systematic review and meta-analysis of ethnic differences in risks of adverse reactions to drugs used in cardiovascular medicine. *British Medical Journal*, 332, 1177-1180.
- McFall-Ngai, M *et al.*, (2013). Animals in a bacterial world, a new imperative for the life sciences. *PNAS*, 9, 3229-3236.
- Nicholson, JK ; Holmes, E ; Kinross, J ; Burcelin, R ; Gibson, G ; Jia, W ; Pettersson, S (2012). Host-Gut Microbiota Metabolic Interactions. *Science*, 336, 1262-1267.
- Sastre, P (2014). Les sexes des maladies. Eds. Favre, Lausanne, pp 216.
- Wild, CP (2012). The exposome : from concept to utility. *International Journal of Epidemiology*, 41, 24-32.

---

# ATELIER D VILLE, BIODIVERSITÉ ET SANTÉ

■ Claire HARPET<sup>1</sup> 2  
■ Fabienne CRESCI<sup>3</sup>

*La ville du XXI<sup>e</sup> siècle est un territoire sur lequel se rencontrent les grands défis de la vie et du vivant. Le terme biodiversité, encore inconnu avant 1986, s'invite aujourd'hui dans les programmes de planification et d'aménagement des villes. La nature prend place dans l'espace urbain et s'exprime sous diverses formes : développement des espaces verts, réouverture et valorisation des zones humides, aménagement des trames vertes et bleues, maintien d'espaces en friches sur des sites à forte densité, mises en place de politiques « zéro phyto », création de jardins partagés, de zones agricoles périurbaines, de programmes européens pour la biodiversité en ville tel que Urban-bees, etc. Cette demande sociale de nature en ville entraîne un changement dans les perceptions et les usages urbains à l'égard de la nature. Face à cette montée en puissance de la biodiversité en ville, quels regards les scientifiques – médecins, vétérinaires, écologues, sociologues et philosophes – portent-ils sur la santé et le bien-être citadins ? La biodiversité urbaine rime-t-elle véritablement avec santé humaine, ou bien n'est-elle qu'une utopie de plus à l'œuvre dans le paysage urbain ? Quel recul avons-nous aujourd'hui pour poser une situation objective et éclairée afin d'aider les politiques et les aménageurs à construire la ville de demain en prenant soin conjointement des hommes et de la nature ?*

---

1. Université Jean-Moulin Lyon3 / Lyonnaise des Eaux, Chaire Industrielle « Rationalités, usages et imaginaires de l'eau » ; Docteure en Anthropologie – Chercheure associée Laboratoire « Eco-Anthropologie et Ethnobiologie » (CP 135) UMR 7206 (CNRS/MNHN).

2. Avec l'appui des étudiants de l'École supérieure de biologie-biochimie-biotechnologies (ESTBB) de la Faculté catholique de Lyon, les étudiants du master « Ethique et développement durable » (EDD) de la Faculté de Philosophie de l'Université Jean-Moulin Lyon 3 et les étudiants de l'École vétérinaire Vétagro-Sup qui ont travaillé en amont sur le questionnement de l'atelier afin de faciliter la médiation entre les scientifiques et les différents acteurs en présence : Fanny PRIEUR, Aubin GERGAUD, Ariane MAS, Raphaël GENDRON, Hélène BRIEN, Justine BERLIER, Laure LELOUP et Ondine WALTER.

3. Université de Lyon, urbaniste, Directrice du développement des campus et de la stratégie immobilière.

## La biodiversité en ville : un mythe ou une réalité ?

Le terme *biodiversity* est inséparable de notre époque post-moderne. Employé pour la première fois en 1986 à Washington lors du « *National Forum on BioDiversity* », il s'est rapidement imposé dans les discours scientifiques et politiques pour alerter le plus grand nombre sur le déclin accéléré de la diversité du vivant et sur l'origine anthropique de ses causes. Avec l'apparition du concept de biodiversité, se constitue une nouvelle discipline scientifique, celle de la biologie de la conservation qui s'attache plus particulièrement à déployer des outils d'expertise pour la protection de la biodiversité dans les milieux naturels. L'espace urbain est dans ce contexte peu, voire non pris en compte. La biodiversité est alors cantonnée à sa dimension remarquable.

Ce n'est que depuis les années 2000, qu'une prise de conscience émerge dans les villes industrialisées, impulsée par le monde associatif et les citoyens en demande de nature (annexe 1). La préservation de l'environnement et des espaces naturels devient un élément incontournable pour le bien-être et la qualité de vie de l'homme urbain occidental (Bourdeau-Lepage *et al.*, 2012). Dès lors, le terme biodiversité s'impose dans les projets d'aménagements des politiques publiques et des programmes scolaires (2008). On parle de biodiversité « **ordinaire** » et de la nécessité de « recréer du lien » entre les hommes et la nature. Mais qu'en est-il réellement de la présence de la biodiversité au cœur de l'urbain ? Est-il juste de parler de biodiversité en ville ? Quels en sont les prérequis ?

Une confusion est souvent faite entre « nature » et « biodiversité ». S'il y a toujours eu de la nature

en ville, elle a connu bien des vicissitudes. La période hygiéniste qui a débuté au XIX<sup>e</sup> siècle et s'est poursuivie au cours du XX<sup>e</sup> siècle n'a pas été sans conséquences sur la construction des paysages urbains et en particulier sur le choix des espèces végétales à conserver ou à supprimer. Un mouvement généralisé d'uniformisation des espaces verts s'est durablement installé, accompagné d'une politique phytosanitaire intensive. Les jardins et les parcs urbains sont aujourd'hui le résultat d'un héritage d'artificialisation de la nature où rien n'est laissé au hasard. Les connaissances et les usages traditionnels des plantes se sont perdus avec le développement de l'urbanisation et de la globalisation. Des espèces exogènes se sont imposées au détriment des espèces locales. Dans ce contexte de grands chantiers urbains et d'uniformisation de la nature en ville, aucun principe de précaution n'a été invoqué à l'égard des perturbations du milieu et de la santé des citadins.

À la fin du XX<sup>e</sup> siècle, l'apparition du concept de biodiversité apporte une autre dimension à la nature en ville, celle de la **diversité du vivant** (à tous ses niveaux d'organisation)<sup>4</sup>. Ce concept de biodiversité entre en contradiction avec les pratiques d'aménagement des espaces verts jusque-là en vigueur. Pour qu'il y ait de la biodiversité en ville, il ne suffit pas d'un parterre de jonquilles ou d'une allée de platanes, mais d'une mosaïque d'espèces végétales et animales qui entrent en interaction pour former un écosystème dans lequel l'homme prend place. Le concept de biodiversité s'accompagne ainsi

4. Toute la variété du vivant, étudiée à trois niveaux : les écosystèmes, les espèces qui composent les écosystèmes, et enfin, les gènes que l'on trouve dans chaque espèce, Edward Wilson, 2007.



---

dès les années 1990 d'une politique de gestion différenciée qui rompt avec la gestion horticole intensive et banalisée du siècle dernier. Ce mode de gestion différenciée favorise le développement de la biodiversité urbaine par la valorisation de la flore et de la faune sauvages, par le maintien de zones en friche où le végétal s'exprime spontanément. Il bouleverse les pratiques professionnelles et les comportements citadins.

On voit bien ici que l'entrée de la biodiversité dans l'élaboration des espaces urbains appelle à une nécessaire connaissance et compréhension de la complexité du vivant. L'enjeu est de taille : à l'horizon 2050, 75 % de la population mondiale habitera en ville !

## **La biodiversité en ville : risques *versus* bienfaits pour la santé**

Le monde urbain n'est pas le premier milieu auquel on pense pour favoriser et préserver la biodiversité. Les pollutions (olfactives, sonores, lumineuses), les revêtements artificiels, la fragmentation des espaces verts sont tout autant de raisons de douter de la présence d'une diversité animale et végétale en ville. Et pourtant, la ville accueille non seulement des espèces commensales totalement adaptées et dépendantes du système urbain, mais également des espèces qui trouvent paradoxalement de meilleures conditions de vie en ville qu'en milieu rural. On pense en particulier aux abeilles qui font l'objet aujourd'hui d'une grande attention scientifique du fait de leur rôle pollinisateur nécessaire à la reproduction de plus de 80 % de plantes sauvages et 70 % de végétaux cultivés. Le programme européen « Life + Biodiversité *Urbanbees* 2010-2014 », coordonné

par l'association Arthropologia et l'INRA d'Avignon, a expérimenté 16 sites d'aménagement de ruches dans Lyon et son agglomération et ainsi recensé en deux ans plus de 300 espèces d'abeilles (annexe 2). L'étude confirme que les abeilles se portent mieux en ville qu'à la campagne du fait d'une concentration plus faible de pesticides et d'un nombre plus élevé de plantes à fleurs dans les jardins et sur les terrasses. La flore de nos villes serait ainsi par sa diversité (espèces indigène, exotique, cultivée, horticole) devenue un milieu propice au développement des pollinisateurs.

D'autres espèces animales et végétales se rencontrent en ville mais génèrent auprès des citadins un sentiment de répulsion et de dégoût. Le rat, le cafard, le pigeon mais aussi les acariens, la chenille processionnaire ou chez les végétaux l'ambrosie sont très souvent associés à des risques infectieux, toxiques ou allergéniques, et déclenchent un rejet collectif. Les rats sont historiquement rattachés à la peste et les blattes à l'insalubrité des lieux. La chenille processionnaire possède des poils urticants responsables chaque année d'importantes réactions allergiques et de troubles oculaires ou respiratoires. L'ambrosie quant à elle provoque des allergies allant de la simple rhinite à l'asthme pour les cas les plus sévères (annexe 3).

En prenant en compte les représentations culturelles qui ont classifié et ordonné le vivant selon des critères d'acceptabilité ou de répulsion, que peut apporter comme changement le concept de biodiversité ? Comment lutter contre les risques allergiques tels que l'ambrosie sans pratiquer une politique de désherbage chimique ? Faut-il supprimer les espèces allergisantes ou inciter à une politique



de diversification des espèces végétales ? Comment s'adaptent et sont accueillies les espèces animales (commensales, sauvages, exotiques) considérées dangereuses pour les uns, bénéfiques pour les autres ? Les risques hydriques maîtrisés au siècle dernier par l'assèchement des marais, le recouvrement des cours d'eau ou l'élévation des hauts-quais, sont-ils susceptibles de refaire surface avec la réhabilitation des berges, la réouverture des cours d'eau et le réaménagement de zones humides en milieu urbain ?

Les critères de rejet de telle ou telle espèce sont d'ordre socioculturel et dépendent très souvent de la concentration d'une espèce sur un territoire, plus que de l'espèce elle-même. Il apparaît en effet que le rat tout comme le cafard – mais l'on pourrait également citer le chat domestique ou le pigeon – ne sont jamais représentés dans l'inconscient collectif par un seul individu mais par un agrégat d'individus. C'est leur **prolifération** qui génère un sentiment d'insécurité et de mise en danger. Cette surreprésentation de l'espèce sur un territoire se fait au détriment d'autres espèces. Or, le discours des écologues est clair : pour qu'un écosystème soit résistant et résilient il faut maintenir sa diversité. La complexité d'un écosystème, autrement dit la grande variabilité des espèces dans un milieu, est un gage de bonne santé. La **monospécificité** entraîne une prolifération et avec elle de potentiels risques sanitaires. L'ambrosie est un cas tout à fait explicite. Cette espèce exotique d'origine d'Amérique du Nord ne peut se développer que sur des terrains remaniés par l'homme et non végétalisés (friches, bords d'autoroutes). Elle entre directement en compétition avec la diversité végétale locale. Pour limiter, voire supprimer, l'ambrosie une des

méthodes employées par *Evinerude* (un bureau d'étude en environnement spécialisé dans les problématiques de l'ambrosie) est de réintroduire des espèces végétales autochtones (annexe 4). Cet exemple montre, résultats à l'appui, que la biodiversité constitue un outil efficace pour limiter la monospécificité responsable de crises environnementales et sanitaires (Lovisa & Quinn, 2008). En augmentant la diversité des espèces végétales, il se crée un effet de dilution qui diminue les risques allergiques.

D'autres études décrivent les vertus thérapeutiques de la biodiversité sur le psychisme des habitants. La présence du végétal agit sur le bien-être psychologique et le comportement des citadins. La nature a une capacité particulière à rétablir la fatigue mentale et à réduire le stress (Kaplan, 1995 ; Grahn & Stigsdotter, 2003). Des travaux ont mis en évidence que les bénéfices psychologiques des espaces naturels urbains augmentent avec la richesse des espèces (Fuller & Irvine, 2007). On connaît d'autre part les effets positifs des animaux domestiques sur la santé des populations fragiles (malades, personnes âgées). Des études ont montré que le végétal à proximité ou dans les centres de soins favorise la guérison (Ulrich & Roger, 2002).

Cette approche systémique du rôle de la biodiversité en ville est le résultat d'un profond changement social amorcé à la fin du XX<sup>e</sup> siècle qui remet en cause l'ancien modèle anthropocentré et instrumentalisant des sociétés industrielles à l'égard de la nature. Une révolution conceptuelle est en marche qui bouleverse nos systèmes de penser et d'appréhender le monde.

---

## La biodiversité en ville : un enjeu de mise en réseau

Parce que la biodiversité urbaine ne peut être étudiée selon le seul point de vue du biologiste et de l'écologue du fait de l'hétérogénéité du milieu dans lequel l'homme tient une place prépondérante, elle doit être abordée sous un angle pluridisciplinaire en considérant le terrain urbain comme un **socio-écosystème** hybride et ouvert. Celui-ci concentre des écosystèmes naturels et/ou artificiels en interaction et en constante coadaptation avec lesquels les hommes interagissent non plus comme « maîtres et possesseurs de la nature », mais comme membres à part entière du système dont ils dépendent et avec lequel ils doivent composer.

Au-delà de la fonction salvatrice que peut assurer la biodiversité dans le cadre urbain, elle s'avère également jouer un rôle non négligeable dans le renforcement des liens sociaux. Il apparaît notamment que ce sont sur ces enjeux que les acteurs sont les plus spontanément et largement mobilisés. Des projets collectifs ou individuels, formels ou informels, se créent au gré des spécificités territoriales. La faune sauvage urbaine, tout comme les espaces de nature, provoque l'attention et favorisent l'échange. Se développe dans les villes un monde associatif tourné vers la sensibilisation aux questions de la nature urbaine, de la protection des espaces naturels ou d'espèces spécifiques (UNEP-IPSOS, 2008). Ces mouvements associatifs sont d'incroyables organes d'échanges, propices à la création de réseaux sociaux fondés sur une sensibilité partagée de la ville-nature.

Que ce soit à travers un « engagement militant » ou dans une démarche personnelle, la qualité de

la vie en ville passe par la nécessaire présence du « naturel ». L'homme moderne, après une frénésie du tout technologique, invente une nouvelle poésie de l'urbain où la technique et le naturel interagissent. À travers l'aménagement de berges dans les villes fluviales, la construction de murs végétalisés, le développement des éco-quartiers, de l'agriculture urbaine, de jardins partagés ou des espaces laissés ensauvagés, se déploie une nouvelle intelligence des mondes urbains.

## La biodiversité et la santé en ville : un défi pour les politiques publiques

Pour autant, si la biodiversité participe à une nouvelle vision de la ville plus respectueuse du monde végétal et animal et soucieuse du bien-être et de la santé du citoyen, le risque serait de pratiquer une politique angélique en ignorant les effets négatifs qu'une « certaine biodiversité », celle des bactéries infectieuses, des parasites et des insectes de toutes sortes peut avoir sur la santé humaine ? Comment sont traités dans la littérature sur la biodiversité les moustiques, les tiques ou les microbes et autres agents infectieux ? La biodiversité qui dérange, celle qui est responsable des maladies, des famines, des atteintes aux biens et aux personnes est souvent voire systématiquement mise de côté dans les discours de politiques d'aménagement et des associations environnementales (Lévêque, 2003). Ne pas la mentionner revient à refuser d'anticiper des situations potentielles à risques et ainsi faire preuve d'irresponsabilité.

Les territoires urbains en mutation dans leurs relations à la nature sont tout autant des lieux de

créativité et de tensions entre divers acteurs, humains et non-humains. Ces nouveaux paramètres rendent ardue la tâche des décideurs, amenés parfois à faire face à des épisodes de crises sanitaires (épidémiques voire pandémiques), réclamant une décision immédiate et adaptée (exemple du chikungunya dans les Dom-Tom). Les pouvoirs publics sont confrontés à des situations inédites auxquelles ils n'ont pas été préparés. Ces derniers ont-ils les bons interlocuteurs pour répondre aux urgences sanitaires ? Quelles pourraient être les conditions fiables d'une « sécurité sanitaire préventive » et garante d'actions de promotion des comportements et des aménagements favorables à la santé publique ? Ne faut-il pas considérer « différentes biodiversités », avec leur cortège de paradoxes inhérents à la pluralité des espèces, des agents, des vecteurs et des situations « urbaines » et plus largement géographiques et écologiques que cela comprend ?

### *La science au service de la société : les laboratoires de la biodiversité*

La mobilisation des citoyens sur les enjeux de la biodiversité en ville est multiple mais reste désordonnée. Les connaissances sur la nature et les milieux sont éparées. Le besoin de retrouver et de se réapproprier des savoirs et des savoir-faire sur la nature est fortement exprimé. Pour fédérer les expériences et valoriser les compétences, des **laboratoires de la biodiversité** pourraient constituer dans chaque ville et son agglomération des espaces de rencontres et de partages des connaissances entre experts (scientifiques) et amateurs (au sens noble du terme « celui qui aime »), afin de favoriser des actions locales communes et d'élaborer des propositions concrètes pour engager les politiques sur le temps long.

Face à la complexité, au foisonnement des questionnements des citoyens et aux difficultés et imprévisibilités des situations auxquelles il appartient aux responsables politiques de faire face, il est nécessaire de décroquer sans attendre les approches entre les publics sachants (experts), responsables (politiques) et non-avertis, les uns et les autres butant aujourd'hui sur les limites de connaissances et d'informations partielles, dont le danger réside souvent dans une communication qui ne connaît que l'instantanéité et souvent la dramatisation. Les laboratoires de la biodiversité peuvent, à cet égard, être la scène d'échange et d'éclairage ouverte qui manque aujourd'hui au profit de la crispation permanente et/ou de positions d'hyper-prudence. Pour adapter les actions et les inscrire dans un temps long, qui ne soit pas soumis au rythme politique du court terme, une échelle cohérente espace/temps doit être définie. Afin de décroquer les territoires politiques (arrondissements, communes, départements), inadaptés aux principes de fluidité du vivant, la première exigence doit être celle d'une échelle d'action qui tienne compte tout à la fois des exigences démocratiques et écologiques du territoire. Les espèces animales et végétales n'ont pas de frontières et ont besoin d'une grande porosité d'échanges. Soucieux du respect d'une participation citoyenne représentative de la société et d'une liberté scientifique au service de la démocratie, les milieux universitaires pourraient favoriser la rencontre et les échanges interspécifiques entre les mondes associatifs, politiques et scientifiques. Des expériences sont déjà menées dans le cadre de la boutique des sciences du service « Sciences et Société » de l'Université de Lyon qui mobilisent les mondes

associatif et scientifique autour de projets urbains à vocations sociale et environnementale (Annexe 5).

Enfin, pour diffuser et rendre accessible et compréhensible l'information auprès de tous, de nouveaux modes d'expression et de communication pédagogiques pourraient être utilisés en mobilisant la sensibilité artistique.

---

**Présidente de l'atelier :**

Fabienne CRESCI

**Interpeltatrice :**

Anne-Caroline PRÉVOT<sup>5</sup>

**Orateurs :**

Gilbert GAULT<sup>6</sup>, proliférations et intrusions animales et végétales et risques pour la santé des citadins  
Lydie NEMAUSAT<sup>7</sup>, des chercheurs au jardin – quand la science se met au service des citoyens

Yann FRADIN<sup>8</sup>, biodiversité et insertion, une même temporalité  
Hugues MOURET<sup>9</sup>, les pollinisateurs, l'exemple du programme Urban-Bees  
Sylvain ALLARD<sup>10</sup>, l'ambroisie, un problème de santé publique et de biodiversité

Frédéric SEGUR<sup>11</sup>, politiques biodiversité dans Lyon et les grandes villes françaises et européennes

---

5. Chercheuse au CNRS et au Muséum national d'histoire naturelle, écologue, dynamique des systèmes socio-écologiques formés par des groupes sociaux et la biodiversité qui les entoure, notamment dans les espaces urbains.

6. Vétérinaire et doctorant à l'USC 1233.

7. Chargée de missions veille écologique à la FRAPNA Rhône (Fédération Rhône-Alpes de Protection de la Nature - Rhône ; association loi 1901).

8. Directeur général d'Espaces, association d'insertion par l'écologie urbaine en Ile-de-France.

9. Naturaliste.

10. EVINERUDE, directeur technique : voir <http://www.evinerude.fr>

11. Communauté urbaine de Lyon, Responsable du Service Arbres et Paysage.

## RÉFÉRENCES

Adams L.W., *Urban Wildlife Habitat, a Landscape Perspective*, University of Minnesota Press, Minneapolis, 1994.

Baridon M., *Les jardins. Paysagistes – jardinier – poètes*, Paris, Robert Laffont, 1998.

Baudelet L. *et al.*, *Jardins partagés – Utopie, écologie, conseils pratiques*, Terre vivante, 2008.

Bourdeau-Lepage L., Langlois W., Sablé T., *La Nature en ville. Espaces verts et bien-être*, Centre de recherche en géographie et aménagement, Lyon : Université Jean-Moulin Lyon 3, 2012.

Celecia, J., Lizet, B. et Wolf, A.-É. (dir.), *Sauvages dans la ville. De l'inventaire naturaliste à l'écologie urbaine*, Paris : Publications scientifiques du Muséum national d'histoire naturelle, 1999.

Clergeau P., *Une écologie du paysage urbain*, Ed. Apogée, Rennes, 2007.

Coutard O. et Levy J.-P. (dir.), *Ecologies urbaines*, Paris, *Economica-Anthropos*, 2010.

Dubost, F., *Les Jardins ordinaires*, Paris, L'Harmattan, 1997.

Fuller R.A., Irvine K-N *et al.*, *Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity*, *Biology letters*, 15 mai 2007, n°3, pp 390-394.

Grahn P. et Stigsdotter U.A., « *Landscape planning and streets* » in *Urban forestry and urban greening*, 2003, vol. 2, pp 1-18.

Jacqué, M., « *La formation de l'écocitoyen* », *Communications*, n° 74, p. 103-116, 2003.

Kaplan S., « *The urban forest as a source of psychological well-beng* » in *Urban Forest Landscapes : Integrating Multidisciplinary Perspectives*, 1995, pp 100-108.

Lévêque C., Muxart T., Abbadie L., Weill A., Van der Leeuw S, *L'anthroposystème : entité structurelle et fonctionnelle des interactions sociétés-milieus*, in : Lévêque C. (ed.), Van der Leeuw S. (ed.), Reynier I. (coord.), *Quelles*

natures voulons-nous ? : pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement, Paris : Elsevier, 2003.

Lizet B., « Du terrain vague à la friche paysagée, le square Juliette-Dodu, Paris, X<sup>e</sup> », *Ethnologie française*, n° 4, p. 597-608, 2010.

Lovasi G.S, Quinn J.W *et al.*, « Children living in areas with more street trees have lower prevalence of asthma », *Journal of epidemiology and community health*, juin 2008, vol.62, pp 647-649.

Mathieu N., « Interdisciplinarité et gestion de la biodiversité », in : *Entre l'homme et la nature, une démarche pour des relations durables*, Unesco, 2008.

Muratet *et al.*, The role of urban structures in the distribution of wasteland flora in the Greater Paris Area, France, *Ecosystems*, 10 (4), 2007.

UNEP-IPSOS, Les espaces verts de demain, Usages et attentes des Français, dossier de presse, sondage pour le compte de l'Union nationale des entrepreneurs du paysages (UNEP), Paris, 2008.

Ulrich R.S, « Heath benefits of gardens in hospitals », *Plants for people*, International exhibition Floriade 2002, 2002.

Wania A. *et al.*, Plant richness patterns in agricultural and urban landscapes in Central Germany, spatial gradients of species richness, *Landscape and Urban Planning*, 75, 2006.

Werner P., Sukopp, La Nature dans la ville, Conseil de l'Europe, Strasbourg, 1982.

Maris V., Philosophie de la biodiversité, petite éthique pour une nature en péril, Buchet/chatel, 2010.

## ANNEXE 1

### Frédéric SEGUR

#### La question de la santé dans les politiques nature et biodiversité des grandes villes françaises

Les questions qui associent nature et santé au développement urbain ont fait l'objet d'une évolution très contrastée dans l'histoire des villes modernes. On peut schématiquement retenir quatre principaux temps qui jalonnent cette histoire.

- L'équilibre ville/nature comme condition d'hygiène et de santé dans la construction des métropoles de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. À partir d'observations et de fortes intuitions ce lien s'exprime dans la forme et la cohérence des aménagements et nous livre à la fois un héritage concret et un message.
- La perte de valeur de la ville fonctionnelle du XX<sup>e</sup> siècle pour les questions d'environnement. La compartimentation des savoirs techniques et la hiérarchisation des fonctions urbaines remettent fortement en cause cet équilibre, fait de la nature une variable d'ajustement, mais génère progressivement une réaction citoyenne.
- La question des pesticides comme facteur déclenchant la redécouverte des enjeux qui relie nature et santé par les collectivités à la fin du XX<sup>e</sup> siècle. C'est par ce prisme que le lien entre nature, santé et développement urbain réapparaît dans les préoccupations des services « espaces verts » des villes.
- La redécouverte des fonctions et services écosystémiques rendus par la nature. L'équilibre ville/nature redevient un facteur essentiel pour

---

un développement urbain durable. Une convergence des résultats de recherches scientifiques confirme les intuitions du XIX<sup>e</sup> siècle et offre des perspectives opérationnelles nouvelles.

Le cinquième temps qui s'amorce actuellement appelle à un engagement actif des habitants des villes autour de ces enjeux de biodiversité et de santé : la mobilisation et la participation citoyenne doivent permettre l'émergence d'un autre rapport à la ville autour de nouveaux objectifs et d'un renouvellement des valeurs du bien vivre en ville.

---

## ANNEXE 2

---

**Hugues MOURET**

### **Les pollinisateurs, l'exemple du programme Urban Bees**

Les abeilles sont en déclin ; une réalité inquiétante périodiquement relayée par les médias. Pourtant le terme « abeille » est généralement assimilé à la seule espèce mellifère (*Apis mellifera*) élevée dans nos ruches et aux productions apicoles (miel, pollen, propolis, gelée royale, cire et venin). Alors qu'il ne s'agit en réalité (pour la France) que d'une espèce pour près d'un millier d'espèces sauvages ; en d'autres termes, résumer le monde des abeilles à la seule espèce mellifère revient à ne traiter que 0,1 % des espèces ! Cela reviendrait pour les oiseaux, à ne prendre en compte que les moineaux domestiques.

Alors que la réelle plus-value des abeilles sauvages est la pollinisation : 80 % des plantes sauvages et 70 % des végétaux cultivés nécessitent l'activité pollinisatrice des insectes et en particulier des abeilles pour se reproduire. Par ailleurs, depuis quelques années, plusieurs études tendent à montrer que, paradoxalement, une certaine diversité faunistique peut trouver en ville des ressources alimentaires et des espaces de refuge ou de nidification.

Ainsi, dans l'état actuel des choses, il apparaît indispensable de maintenir autant que possible des espaces à partir desquels la faune pourra recoloniser les milieux et notamment les milieux agricoles qui sont devenus de vrais déserts biologiques.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le programme européen Life + Biodiversité URBANBEES 2010-2014 (URBAN BEE biodiversity action planS), coordonné par l'association ARTHROPOLOGIA et l'INRA d'Avignon, mené sur le Grand Lyon.

16 sites aménagés ont été mis en place au travers du Grand Lyon, puis évalués dans le cadre d'une thèse. En deux années de suivi, nous avons trouvé plus de 300 espèces d'abeilles dans l'agglomération lyonnaise : près du tiers de la Faune apiforme française ! Le programme a également permis de réaliser un réseau de relations entre les abeilles et la flore (indigène, exotique, cultivée, horticole, invasive).

Par ailleurs, de nombreuses actions (conférences, sorties, ateliers, formations...) ont été menées durant les cinq années du programme afin de sensibiliser, informer et former différents publics : enfants, familles, grand public, étudiants, professionnels, élus...

Un des objectifs principaux est de produire un guide de gestion afin de préconiser des mesures à mettre en place au sein des espaces verts de l'Union Européenne. C'est au travers d'un travail collaboratif (naturalistes, scientifiques, agents des espaces verts privés et publics...) que nous avons

produit ce document, afin qu'il soit pragmatique et directement applicable. Désormais URBANBEES entre dans sa phase de diffusion des résultats en Europe, grâce à une exposition internationale (français, anglais, allemand) et une série de conférences à destination des gestionnaires d'espaces urbains, naturels, agricoles.

Enfin, nous envisageons de prolonger l'action dans un programme transnational, avec le concours de plusieurs pays, dont les premiers contacts (Londres, Bruxelles, Genève) sont très enthousiastes.

---

### ANNEXE 3

---

**Gilbert GAULT**

#### **Proliférations et intrusions animales et végétales et risques pour la santé des citadins**

La gestion de la biodiversité en ville et les pratiques respectueuses de l'environnement ont parfois des effets sur la santé de nos concitoyens. À partir d'exemples des intrusions et des proliférations animales (rats, pigeons, moustiques...) ou végétales (datura, lauriers roses, ambrosies...) dans la ville de Lyon, les pathologies microbiennes, parasitaires ou toxiques seront illustrées et leurs impacts mesurés sur la santé des habitants des villes mais également leurs impacts sur les populations animales domestiques et sauvages.

---

### ANNEXE 4

---

**Sylvain ALLARD**

#### **L'ambrosie : un problème de santé public et de biodiversité**

Evinerude est un bureau d'étude en environnement, spécialisé dans la faune et la flore, localisé à Frontonas en Isère. Depuis sa création en 2006, notre bureau travail sur la problématique de l'ambrosie avec la mise en place de plan de gestion au niveau communal et intercommunal mais aussi sous la forme de formations de référents afin d'organiser la lutte contre cette plante.

Les grains de pollens de cette espèce sont de très petite taille (quelques micromètres) et sont dispersés par les vents. Ils provoquent des allergies allant de la rhinite jusqu'au développement d'asthme pour les cas les plus sévères. Ces allergies représentent un coût très important au niveau de la Région Rhône-Alpes, s'élevant à plus de 10 millions d'euros chaque année (médicaments, consultations chez le médecin, arrêts de travail, etc.).

En plus de son caractère allergène, cette espèce exotique en provenance d'Amérique du Nord est aussi responsable d'une perte de rendement dans les cultures et entre en compétition avec la biodiversité en place. D'abord limitée à la région Rhône-Alpes, l'ambrosie s'étend aujourd'hui sur une grande partie du territoire national. Il s'agit d'une plante pionnière qui se développe sur des terrains remaniés par l'homme comme les cultures ou les bords de route mais aussi au sein des villes sur des friches, des terrains en construction.

Evinerude a développé un plan de gestion de l'invasive afin de limiter l'expansion de la plante. Ce plan consiste en la réalisation d'un diagnostic pour localiser et quantifier le nombre de pieds d'ambrosie. Suite à cela, des méthodes de luttes appropriées sont déployées en rapport avec l'occupation des sols et des densités de la plante afin de limiter son expansion voire d'empêcher son développement.

---

Nous pouvons citer parmi ces techniques, la fauche, le traitement infrarouge, le paillage, le déchaumage, etc.

Très sensible à la concurrence des autres plantes, l'ambroisie peut être contrôlée en utilisant la biodiversité déjà en place (en fauchant assez haut et aux périodes appropriées par exemple) afin de garder une concurrence interspécifique ou encore en végétalisant les terrains laissés à nus. Ces méthodes donnent des résultats excellents pour limiter la repousse de l'espèce envahissante, tout en préservant ou réintroduisant des espèces végétales autochtones entrant en compétition avec l'ambroisie.

La lutte contre l'ambroisie permet donc l'augmentation de la biodiversité tout en limitant la dispersion du pollen allergène nuisant à la santé publique.

---

## ANNEXE 5

---

### **Lydie NEMAUSAT**

#### **Des chercheurs au jardin - quand la science se met au service des citoyens**

Lancé en 2012, « des chercheurs au jardin » a constitué le projet pilote du dispositif lyonnais et stéphanois « d'accompagnement scientifique des questions citoyennes ». Financé par la région Rhône-Alpes, il a permis à la Société des jardins ouvriers de Villeurbanne de mobiliser des scientifiques d'IRSTEA et du GRePS, ainsi que la FRAPNA Rhône autour de la question « Quelle Rize pour les jardins ouvriers de Villeurbanne ? ». Une question qui recouvrait en vérité deux problématiques : celle de l'envasement de la rivière Rize qui longe une partie des jardins ouvriers, et celle des pratiques des jardiniers au regard de l'écologie.

Pour la FRAPNA, l'intérêt de ce projet était double : faire découvrir et apprécier aux jardiniers la faune et flore de leurs jardins et les sensibiliser à des pratiques de jardinage plus respectueuses de l'environnement et de leur santé.

Voir : <http://www.universite-lyon.fr/science-societe/des-chercheurs-au-jardin-projet-pilote-de-la-boutique-des-sciences-239750.kjsp>



# ATELIER E

## LES ZONNOSES TRANSMISES PAR LA FAUNE SAUVAGE ; GESTION ET CRISE SANITAIRE

■ Marc ARTOIS<sup>1,2</sup>

*Une crise sanitaire éclate lorsqu'une maladie apparaît brutalement et affecte un domaine qui semblait auparavant protégé par l'organisation du marché ou de la vie publique. Ces crises peuvent avoir un lien avec la biodiversité, car une ou plusieurs espèces animales sauvages sont mises en cause dans le processus de transmission d'un agent pathogène à l'homme ou aux animaux domestiques (la rage du renard, la grippe aviaire, la tuberculose du blaireau, récemment la brucellose des bouquetins des Alpes<sup>3</sup>). Dans cette situation, la barrière des espèces, censée protéger l'homme de l'agression des agents pathogènes animaux, menace d'être franchie et d'ouvrir la voie à une pandémie. Mais les rats qui fuient les caves infestées de peste, certes apportent la maladie, mais nous préviennent aussi de son imminence. Dans bien des exemples (fièvre du West Nile), les animaux sauvages sont les victimes prémonitoires des épidémies et donc les sentinelles du danger.*

*Par quel mécanisme la protection sanitaire des populations humaines ou des intérêts économiques, conduit-elle à préconiser la destruction d'espèces sauvages, composant la charpente fonctionnelle de l'environnement naturel et humain ? En détruisant notre propre environnement, apportons-nous une solution durable à la menace pandémique ou sabordons-nous l'arche de Noé ?*

*Dans ce rapport, le point de vue des orateurs est d'abord résumé dans les paragraphes qui suivent. Puis la discussion présente une synthèse des débats entre les divers participants à l'atelier, en essayant de dégager les pistes permettant d'avoir une meilleure anticipation des situations à risque, et une meilleure gestion de ces situations.*

1. VetAgro Sup, Lyon, professeur - Enseignant chercheur.

2. Avec l'appui des étudiants : Marine BELUZE, Anaïs FLEMING, Anne Charlotte DUROUX, Clément HELIK, Florence LIAUTAUD, Jennifer MEYER et Léonie VAROBIEFF.

3. L'importance des agents de zoonoses (maladies naturellement transmises de l'animal vertébré à l'homme) parmi les agents infectieux émergents de l'homme, a été mesurée par certains auteurs (cf. en particulier Jones *et al.*, Nature 2008) Selon ces auteurs, les maladies infectieuses émergentes sont dominées par les zoonoses (60,3 % des maladies émergentes sont des zoonoses) et la majorité d'entre elles trouveraient leur point de départ dans la faune sauvage (71,8 %). Il faut souligner que ce qu'il convient d'appeler « maladie émergente » est une maladie infectieuse se transmettant naturellement entre humains.

---

## Session 1 : Crises sanitaires et zoonoses

### *La barrière inter-espèces : porte ouverte aux pathogènes zoonotiques*

La fréquence élevée des crises sanitaires, locales ou internationales, due à des micro-organismes provenant de la faune sauvage, peut être associée à une réelle augmentation du nombre de ces agents pathogènes capables d'infecter l'hôte humain ou ses animaux domestiques, ou bien elle peut refléter une amélioration de notre habilité à les détecter. Mais qu'en est-il de notre habilité à les prédire (donc à les prévenir) ? En étudiant les facteurs communs qui sont impliqués dans l'émergence de maladies infectieuses observées ces dernières décennies<sup>4</sup>, nous pouvons développer une synthèse des facteurs biologiques, comportementaux et environnementaux favorisant le passage de la « barrière inter-espèces » par les microbes émergents. La barrière qui nous sépare des micro-organismes circulant chez les animaux domestiques et sauvages, est la première à être franchie lors d'une « émergence ». La liaison ainsi établie entre un réservoir animal et une population humaine résulte de facteurs d'exposition qui peuvent être résumés à un petit nombre de mécanismes qui permettent aux microbes de forcer le passage vers l'homme. Une meilleure connaissance de ces facteurs peut faciliter notre préparation à de nouvelles crises sanitaires, en fournissant un cadre pour l'émission de signaux d'alarme lors de l'observation de changements ayant contribué dans le passé à

4. Gortazar, C., Reperant, et al., 2014, Crossing the Interspecies Barrier : Opening the Door to Zoonotic Pathogens. *PLoS Pathog* 10, e1004129.

l'émergence de pathogènes. S'il est impossible de prévoir, précisément, les circonstances d'une nouvelle émergence, il est néanmoins possible de s'y préparer, notamment en tirant les leçons du passé récent.

### *Hong Kong sentinelle des pandémies de grippe<sup>5</sup>*

Le territoire de Hong Kong est un lieu unique, jouant un rôle clé dans les interactions entre la Chine, l'Asie du Sud et l'Occident. Son rattachement politique à la république de Chine est survenu au moment de l'apparition des deux crises sanitaires majeures, celle de la première émergence de la « grippe aviaire » à virus H5N1, en 1997 et celle du SRAS (syndrome respiratoire aigu sévère), en 2003. Ce lieu est ainsi un observatoire unique de la façon dont l'émergence d'agents pathogènes (en l'occurrence, à deux reprises, surgissant d'un réservoir animal domestique contaminé par un virus originellement persistant dans la faune sauvage) influence les politiques publiques de santé et marque de son empreinte les comportements humains, vis-à-vis du monde animal<sup>6</sup>.

Depuis 1997, le territoire de Hong Kong a renforcé son dispositif de « surveillance » sanitaire des animaux sauvages et domestiques, alertant sur les risques d'émergence de virus de grippe. Ces dispositifs ont marqué son rapport au continent chinois. Ainsi, la notion de « sentinelle » désigne à la fois une espèce animale, équipée pour détecter un problème environnemental et un territoire politique sur la scène

5. Voir Keck, F., 2010a, Un monde grippé. Flammarion, 350 p. et l'article Keck, F., 2010b, Une sentinelle sanitaire aux frontières du vivant\*. *Terrain*, 26-41.

6. Il s'agit bien ici de « biopolitique » voir notamment Michel Foucault, *Sécurité, territoire et population*, Seuil, Paris (1 octobre 2004).

globale. Cet exemple illustre à quel point la nécessaire prévention des crises sanitaires peut modifier en profondeur les sociétés humaines.

### *Continuum entre recherche et crise sanitaire d'origine infectieuse*

Lors de l'émergence d'une crise sanitaire d'étiologie infectieuse, il est important de pouvoir disposer, le plus tôt possible après la survenue des premiers cas humains ou animaux, d'informations précises sur l'agent pathogène, son mode de transmission, la gravité des cas, les possibilités de prises en charge, etc. Pour cela, il est parfois indispensable de mettre en place le plus rapidement possible des actions de recherche. Au moins deux structures en France sont spécifiquement dédiées à cette problématique : le projet REACTING coordonné par l'IMMI/INSERM et le LabexIBEID coordonné par l'Institut Pasteur<sup>7</sup>. Le premier projet est en construction et a pour objectif d'agir au plus près des cas, notamment en anticipant les démarches administratives nécessaires à la recherche clinique et aux investigations épidémiologiques de première intention, le second est un consortium alliant l'APHP, les agences sanitaires (Anses et InVS), l'ENVA et plus de 20 équipes de recherche de l'Institut Pasteur pour une recherche à plus long terme. Il n'existe pas en France de financement spécifique de ces recherches, en dehors des appels d'offres de l'ANRS en Santé Publique. Plusieurs projets européens, notamment lors du 7<sup>e</sup> programme-cadre, avaient néanmoins pour thème les maladies émergentes.

7. Voir le lien : [http://www.infectiologie.com/site/medias/enseignement/seminaires\\_desc/2014/2014-DESC-DiaposYY-1.pdf](http://www.infectiologie.com/site/medias/enseignement/seminaires_desc/2014/2014-DESC-DiaposYY-1.pdf) consulté le 27/12/2014.

## Session 2 : Gestion des crises sanitaire

### *La nouvelle gouvernance sanitaire et la gestion des crises, au ministère de l'Agriculture*

#### **La situation actuelle du management des infections et maladies de la faune sauvage.**

La gestion des risques de ce type, c'est-à-dire persistance, transmission d'agents pathogènes dans la faune sauvage et propagation à l'homme ou aux animaux domestiques de ces agents pathogènes, a évolué au cours des années à partir de situations diverses qui ont abouti au fait d'intégrer désormais la surveillance et la gestion sanitaire de la faune sauvage, dans les politiques publiques de santé animale (nouvelle gouvernance en santé animale).

La loi agricole de 2011 (L. n° 2010-874), consécutive aux États généraux du sanitaire (qui se sont déroulés la même année), a permis la mise en place de plusieurs dispositifs dont certains sont opérationnels (plateforme ESA : épidémiosurveillance santé animale, plan Sylvatub, surveillance de la tuberculose dans la faune sauvage, en particulier). D'autres ont été prévus par les textes et se mettent en place rapidement : conseils d'orientation de la politique sanitaire animale et végétale (au niveau national et régional, créés en 2013), reconnaissance d'organismes à vocation sanitaire et organisations vétérinaires à vocation technique, associations sanitaires régionales... Ces dispositifs formalisent et réglementent des structures d'information ou de gestion qui existaient avant la nouvelle loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt de 2014 (L. n°2014-1170), et qui ont fait la preuve de leurs compétences

(groupements de défenses sanitaires, groupement de défense contre les organismes nuisibles, etc.). La loi d'avenir pour l'agriculture reconnaît en particulier à l'Office national de la chasse et de la faune sauvage et aux fédérations de chasseurs, un rôle primordial dans la surveillance et la gestion sanitaire de la faune sauvage, les organismes fédérant les chasseurs ont notamment l'obligation de déclarer les cas de maladies réglementées qu'ils sont amenés à découvrir.

En outre à la demande du ministre de l'Agriculture, un Comité national de la santé publique vétérinaire (CNSPV) va être mis en place, qui doit notamment traiter des zoonoses (dont celles de la faune sauvage), dans l'esprit du concept « One Health » (un seul monde, une seule santé), auquel participe le ministère de la Santé et l'Anses.

### *Risque sanitaire, innover pour gérer durablement : rôle du ministère de l'Environnement*

Les situations de crise sanitaire, en particulier celles qui surviennent depuis 30 ans et trouvent leur source, apparente, dans la faune sauvage, sont de plus en plus complexes : les besoins pour les gérer ont changé de frontières en englobant de nouveaux domaines et de nouvelles contraintes. Si l'existence des bactéries, des virus n'a rien de récent, les dangers associés s'expriment de façon inédite dans le contexte des « changements globaux » (croissance démographique mondiale, mondialisation des échanges de biens et de personnes, conflits d'usage des sols, changement climatique...).

Ces problématiques nouvelles imposent une appréhension globale et intégrée du risque par une approche systémique. Il faut adapter les

méthodes et les outils utilisés pour traiter des problèmes connus à la gestion de l'improbable. Une crise est par nature inattendue, et les « cygnes noirs »<sup>8</sup> sont sous-estimés.

Nos raisonnements, « dépendants du sentier »<sup>9</sup>, nous conduisent à des conclusions erronées et à des réponses inadaptées aux problèmes<sup>10</sup>. La stratégie de gestion doit être globale, intégrant toutes les composantes au problème. L'approche systémique permet de mieux cerner les liens, les interactions, les dynamiques qui se nouent entre les éléments constitutifs d'un système complexe et global. Il s'agirait de ne plus raisonner seulement selon une logique de cause à effet, mais aussi en termes d'influence, d'échanges et de flux réciproques. Les questions de santé ne peuvent se limiter à une réponse préétablie reposant sur les acquis scientifico-sanitaires. Pour le chercheur François Renaud, « on n'éradique pas un pathogène, on apprend à vivre avec »<sup>11</sup>. Il faut donc envisager une approche élargie qui permettrait de mieux comprendre le mode opératoire de l'agent pathogène dans son environnement. Les liens entre la santé et la biodiversité, prise dans son acception la plus large, appellent à la prudence quant aux interventions sanitaires ou médicales,

8. Nassim Nicholas Taleb, 2008, *Le cygne noir, la puissance de l'imprévisible*, Les Belles Lettres (éd.), 496p.

9. Bruno Palier, 2010, « Path dependence » (Dépendance au chemin emprunté), in *Dictionnaire des politiques publiques*, Presses de Sciences Po, pp411-419.

10. Lire par exemple : Metzger P., 2009, *L'épidémie de Chikungunya : un problème de moustiques ?* in Gilbert C. & Henry E., *Comment se construisent les problèmes de santé publique*, La Découverte, pp175-193.

11. François Renaud, <https://lejournald.cnrs.fr/articles/quand-lhomme-favorise-les-epidemies> consulté le 23 septembre 2014.

envisagées pour résoudre ces problèmes. Le gestionnaire du risque manque de repères sur les mesures de maîtrise du risque sanitaire car les retours d'expérience lui sont encore peu familiers.

### **Une approche pluridisciplinaire.**

Pour gérer un risque sanitaire, par anticipation ou en situation de crise, l'approche pluridisciplinaire et collective apparaît primordiale. Sortir de l'approche « scientifico-centrée » et « détechniciser » les débats seraient des moyens de prendre du recul pour la compréhension d'une situation à risque. Ouvrir le champ de la gestion sanitaire aux sciences sociales, à l'écologie voire à la psychologie et à la philosophie (éthique) pourrait représenter un atout pour la gestion améliorée des risques et des crises. La participation de citoyens éclairés constituerait probablement une avancée pour une gestion modernisée, pluraliste des risques, avec un seuil d'acceptabilité qui serait partagé par un large consensus dans la société.

### **Crises sanitaires et principes de réalité : le point de vue d'un médecin**

Une crise sanitaire, dans un contexte général, est une crise politico-sociale qui apparaît lors de la découverte et de la communication d'erreurs ou de négligences dans une gestion sanitaire passée. L'opinion générale estime que la morbidité (proportion de malades dans la population, dans ce contexte, il s'agit de personnes humaines) et la mortalité (proportion de personnes décédées) qui en résultent auraient pu être évitées ou amoindries.

La bonne gestion sanitaire consiste à évaluer à la fois, les risques futurs d'après les données actuelles des sciences biomédicales, et les crises futures en y ajoutant les données des sciences sociales. La gestion des

crises diffère totalement de celle des risques sanitaires. La première est d'ordre politique et juridique afin d'établir les responsabilités et d'évaluer les dommages et les réparations. La seconde est d'ordre *a priori* exclusivement sanitaire, mais la politique y joue un rôle important. En matière de gestion des risques sanitaires, la démagogie, l'électoratisme et la précaution politique sont des moteurs aussi importants que les préoccupations d'ordre strictement sanitaire.

Un premier principe de réalité est d'admettre que la gestion des risques n'empêchera pas la survenue de crises. Il s'agit d'un processus auto-inflationniste, car les niveaux d'évaluation des risques et de la morbidité baissent proportionnellement à l'élévation du niveau sanitaire. Paradoxe de l'omniprésence de la maladie dans une population saine !

Une seconde réalité est le biais permanent d'évaluation des faits. L'opinion n'estime ni ne juge presque jamais la sur-précaution, le sur-dépistage, le sur-diagnostic et le sur-traitement, mais elle juge sévèrement la sous-précaution, le sous-dépistage, le sous-diagnostic et le sous-traitement. Les exceptions à cette règle sont rarissimes, l'exemple le plus célèbre est celui du H1N1 où la sur-précaution a été jugée comme une crise sanitaire, ce qu'elle n'était pas. Il s'agissait d'une crise socio-politique due en partie à une mauvaise évaluation du risque, mais essentiellement à un climat de défiance issu des diverses affaires récentes de conflits d'intérêts dans le monde de la santé.

L'histoire nous apprend que les crises sanitaires apparaissent avec un délai plus ou moins long après la découverte des premiers éléments de la crise à venir. Ce délai est clairement corrélé à trois facteurs. Il est d'autant

---

plus court que la létalité (proportion de personnes décédées parmi les malades reconnus) est forte, mais il n'est pas corrélé à la mortalité (proportion de personnes décédées dans la population exposée ; deux termes très différents en épidémiologie). Il est d'autant plus court que la visibilité médiatique est importante. Il est d'autant plus long que les intérêts marchands et la pression des lobbys sont plus forts. Quelques exemples confirment cette réalité : antibiorésistance : 40 ans, amiante : 30 ans, tabagisme passif : 30 ans, Médiator : 20 ans, sang contaminé : 2 ans, canicule : 2 semaines.

Un autre principe de réalité consiste à admettre que le ressenti de la population n'a strictement aucun rapport avec la morbimortalité réelle. Une nuisance subie (bisphénol A, pollution atmosphérique, nucléaire) est jugée toujours beaucoup plus sévèrement qu'une nuisance choisie (tabac, sucre, sel). Un risque industriel est toujours surestimé et plus sévèrement jugé qu'un risque routier ou domestique (la mortalité par accidents domestiques dépasse la mortalité routière et bien plus largement la mortalité industrielle). La nocivité d'un médicament est jugée plus sévèrement que celle d'un aliment (oubli rapide des intoxications alimentaires). Les antibiotiques font exception à cette règle, leur nocivité dans l'antibiorésistance, dans l'obésité et les maladies autoimmunes reste largement sous-estimée.

La victimisation diminue étrangement avec l'âge des victimes, les personnes âgées (canicule) sont des victimes plus médiatiques que les adultes (amiante) qui le sont à leur tour plus que les enfants (distillbène, obésité) et plus que les nourrissons (allaitement artificiel, tabagisme de grossesse, épidémies de crèche). Cette réalité doit malheureusement

être mise en parallèle avec l'électoratisme. Ainsi qu'avec une grande méconnaissance des causes de morbidité prénatale et périnatale.

Le risque infectieux est toujours surévalué par rapport à tous les autres. La gestion des risques infectieux est un domaine très particulier de la gestion sanitaire. La raison y fait défaut pour des raisons émotionnelles. C'est également le seul domaine où toute prévision est absolument impossible puisqu'aucune mutation de pathogène ne peut être prévue par les données actuelles de la science. Le principe de réalité consisterait à oser dire que le risque infectieux est le seul où aucune garantie ne peut être apportée à la population, quel que soit le niveau de vigilance et de précaution des autorités.

Il ne faut pas négliger le bénéfice indirect de certaines crises sanitaires qui peuvent donner l'occasion de réformer certaines administrations archaïques ou de mieux lutter contre la corruption. Les crises ont aussi permis de revaloriser l'épidémiologie, de faire un peu plus de place aux expertises non officielles et de faire progresser les sciences humaines et sociales.

Pour terminer, il faut évoquer un étrange paradoxe, bien réel également : l'information du public sur les risques et dangers de certaines pratiques est souhaitable, mais elle peut être l'amorce de crises sanitaires à venir. Quelques exemples illustrent bien cette ambivalence de l'information sanitaire. Tous les travaux sur le travail nocturne confirment son impact très négatif sur la santé. Est-ce réellement une fiction que d'imaginer que dans dix, vingt ou trente ans, il faudra dédommager les travailleurs nocturnes victimes de pathologies qui viendront s'ajouter au CIM, et jugées comme graves et indemnisables ? Nous pouvons imaginer aussi que des enfants obèses trouveront des

avocats pour attaquer leurs parents (souvenons-nous de l'arrêt Perruche) ou les fabricants de lait pour bébés. Des parents, ignorant que les enfants allaités artificiellement ont plus de risques infectieux, pourront se retourner contre les crèches qui ont reçu leurs enfants ou contre les pédiatres qui ne les ont pas assez avertis. Les hôpitaux seront certainement bientôt poursuivis pour les maladies nosocomiales. Enfin, des mères pourront porter plainte pour césariennes, épisiotomie ou déclenchement abusifs lorsque toutes les affres de ces pratiques seront révélées par une épidémiologie de plus en plus précise. Dans tous ces cas, le nombre des victimes dépassera largement celui de toutes les crises sanitaires modernes. Les progrès de l'information et de la santé sont certainement les principaux facteurs de crises sanitaires à venir.

### *Le rôle des médias dans une crise sanitaire : le point de vue d'un journaliste*

Ce rôle peut être résumé en trois points essentiels :

⇒ **Premier point** : un média cherche avant tout à faire de l'audience. L'objectif d'un média, avant d'informer ou de dire la réalité, est de faire de l'audience. La recherche de la plus large audience est le premier moteur des grands médias d'information. La question que se posent les médias lorsqu'apparaît un nouveau sujet, c'est l'intérêt du public pour le sujet. Car l'audience pour un média est une question de survie. Les médias vivent grâce à la publicité qui est directement liée à la part d'audience. Bien sûr, un média ne vise pas à diffuser une fausse information, car cela le décrédibiliserait et lui ferait perdre de l'audience, à moyen terme. La réalité quotidienne du journaliste est de donner l'information qui va

étonner, faire peur, voire scandaliser le public, et attirer son intérêt.

⇒ **Deuxième point** : les journalistes reprennent toujours les informations les plus alarmantes. Les journalistes, de leur propre aveu, ne savent rien... Ils relatent ce qu'on leur a dit. Sauf cas exceptionnel, ils n'inventent jamais une information. Lors d'une crise sanitaire, aucun journaliste sérieux ne peut prédire les conséquences qu'aura ou pas, telle ou telle maladie. Pour que l'événement (apparition d'un cas, d'un foyer...) devienne une « information » à la Une des journaux, il faut que quelqu'un en dise la gravité, en particulier si des personnes sont menacées de mort. Dans le cas de la grippe aviaire, des « autorités compétentes ou des scientifiques » ont affirmé que l'humanité allait connaître un désastre sans précédent et que les morts se chiffraient en centaines de milliers dans tous les pays touchés<sup>12</sup>... Que fait un média qui apprend une telle déclaration ? Il la relaie. Forcément. Car ça va faire peur à son public et donc lui faire gagner les parts d'audience. Est-ce que le journaliste peut vérifier une telle info ? Non, si elle émane d'un émetteur jugé « crédible » comme un fonctionnaire d'un service compétent ou un scientifique. Bien sûr, il est possible de demander à d'autres autorités ou à d'autres scientifiques si la déclaration est crédible. Mais cela se pratique généralement APRÈS la diffusion de l'information anxigène. Or dans le cas des crises sanitaires, les scientifiques et les autorités se contredisent et il est impossible de savoir la vérité car en ce domaine, il n'y a pas de vérité « sûre et établie » *a priori*. La vérité se révèle après coup. « La vache folle » (l'encéphalite spongiforme transmissible) n'a pas

12. Voir : Derenne, J. P., & Bricaire, F. (2005). « Pandémie, la grande menace ». Grippe aviaire, 500 000 morts en France? Paris: Fayard. ISBN: 2213626928, 320p.



tué des millions de britanniques, comme l'annonçaient certaines prévisions... On constate aujourd'hui que la « grippe aviaire » (due au virus H5N1) a tué quelques centaines de personnes, dans le monde, toutes directement en contact avec des oiseaux malades<sup>13</sup>. Mais à l'époque, qui pouvait faire émerger cela face aux menaces pandémiques annoncées par des organismes dignes de foi ? Le public « préfère » s'intéresser à l'avis le plus alarmant (cf. Roger Gicquel « la France a peur »<sup>14</sup>), il « aime » avoir peur...

⇒ **Troisième point** : le retour à la normale, la fin d'une crise intéresse très peu le public... L'information, « la résolution de l'énigme », passe en fin des journaux, surtout si elle est dépassée par une nouvelle « information qui fait peur » ou qui suscite l'intérêt. La crise peut ainsi disparaître sans laisser d'empreinte dans les mémoires, et laisser l'opinion prête à un nouvel emballement.

### *Synthèse et propositions*

Les déterminants des crises sanitaires sont multiples. Toutefois les crises résultent d'un manque de préparations des populations humaines exposées au risque, et d'une réaction des autorités sanitaires qui paraît inappropriée, à au moins une partie de la population. L'analyse des risques sanitaires, et la gestion de ces risques ne peut pas, dès lors, se limiter à une approche strictement objective, fondée seulement sur l'appréciation de probabilités de survenue

13. Données OMS, actualisées en décembre 2014 : 676 cas au total, dont 398 mortels ; lien : [http://www.who.int/influenza/human\\_animal\\_interface/EN\\_GIP\\_20141223CumulativeNumberH5N1cases.pdf?ua=1](http://www.who.int/influenza/human_animal_interface/EN_GIP_20141223CumulativeNumberH5N1cases.pdf?ua=1)

14. Voir également : Ces peurs qui nous gouvernent – sécurité sanitaire : faut-il craindre la transparence ? Martin Hirsch Paris, Albin Michel, 2002.

d'événements épidémiologiques, et sur l'estimation de leur gravité, limitée aux risques économiques ou à une menace pour la santé humaine<sup>15</sup>. Les dimensions sociales ou écologiques doivent aussi être prises en compte. S'agissant plus particulièrement de zoonoses dont le réservoir est une espèce de la faune sauvage en liberté, la contradiction entre la préservation de la biodiversité et la préservation d'intérêts sanitaires ou économiques peut conduire à des situations conflictuelles, dont l'arbitrage nécessite une approche pluri-disciplinaire.

Il est donc important dans l'anticipation des crises, de bien analyser les chaînes de valeurs aboutissant à un plan de prévention sanitaire ou un plan d'urgence. La place occupée par le grand gibier, ou d'animaux considérés comme ennemis des cultures (dont le gibier chassable peut faire partie) peut conduire à des situations tendues entre chasseurs, éleveurs, et agriculteurs. De ce point de vue, les structures de concertation et de gestion sanitaire qui viennent d'être créées par la loi d'innovation agricole constituent des avancées notables. Toutefois, les conflits d'intérêts entre ces parties prenantes pourront être évités, si des écologues apportent à ces structures les compétences en dynamique des populations animales. S'agissant d'espèces « gérables » figurant dans les compétences de l'ONCFS (ongulés de plaines et de montagne, carnivores), l'intégration de cet Office dans le dispositif est attendue avec intérêt.

Il demeure toutefois que plusieurs des crises sanitaires récentes impliquent des espèces non gérables : espèces protégées

15. Lire en particulier : Ulrich Beck, La société du risque : Sur la voie d'une autre modernité, Champs Essais, Poche, Paris, 2008.



(bouquetins), petits mammifères (rongeurs ou chiroptères), oiseaux migrateurs non chassables. En outre la notification obligatoire de maladies oblige désormais les États à surveiller des agents pathogènes qui menacent directement la biodiversité des amphibiens en raison du commerce national, international ou des usages de loisir ou pharmaceutiques (chytrides, ranavirus). La seule compétence de l'ONCFS ne saurait en l'état actuel de son statut lui permettre de prendre en compte ces espèces dans des plans de surveillance ou de gestion. Les associations nationales, ou régionales reconnues, peuvent apporter à l'arbitrage de l'État une connaissance et un savoir-faire complémentaire de ceux des organismes d'États chargés des espèces gérables et des milieux anthropisés. En effet, les crises récentes comme les plus anciennes, font apparaître des parties prenantes qui pour le moment ne figurent pas dans les dispositifs de la loi d'orientation agricole, à savoir les associations de protection de la nature, et les sociétés nationales naturalistes qui ont vocation à apporter sur la gestion sanitaire des compétences en zoologie, en écologie, et des points de vue sur les valeurs de la biodiversité qui peuvent différer des aspects pris en compte pour défendre les intérêts sanitaires ou économiques.

En particulier, des travaux d'anthropologie ou de sociologie montrent que les représentations de l'animal dans les diverses parties de la société peuvent grandement influencer l'acceptation ou le rejet des politiques de prévention ou de contrôle. Or ces représentations évoluent avec les changements de la société qui s'urbanise et perd ses racines rurales. Elles évoluent également sous la pression des crises elles-mêmes, et des coercitions imposées aux citoyens, notamment

les éleveurs, et les chaînes des filières agro-alimentaires pour réduire les dangers sanitaires. Aussi la participation d'experts reconnus dans les domaines de la sociologie, de l'anthropologie, voire de la philosophie (éthique), permettrait de proposer des mesures qui auraient de meilleures chances d'être acceptées par l'ensemble des publics concernés...

À titre d'illustration, on peut dire que l'officialisation par la réglementation, et la désignation du réseau SAGIR (Office national de la chasse) comme outil de centralisation de données de surveillance sanitaire de la faune sauvage, interroge la légitimité des actions de gestion de la « faune sauvage », qui, dès qu'elle entre sous le régime de la « surveillance » ne peut plus à proprement parler être considérée comme « sauvage »... Entre-t-on alors dans un principe de « dénaturation » (la faune est mise sous surveillance, perdant son caractère de sauvagerie) qui serait donc préjudiciable, ou bien au contraire dans une volonté de préservation/protection ? La réponse réside certainement entre ces deux positions, si l'on veille à intégrer toutes les parties prenantes et disciplines dans la réflexion à ce sujet et en plaçant l'éthique au cœur des décisions. Il s'agirait de penser l'homme comme partie intégrante de la biodiversité, dans une position d'interaction et de dépendance à son égard, même lorsqu'il agit en gestionnaire, plutôt que comme défenseur exclusif de la santé publique...

Quelle serait la méthodologie de gestion des risques sanitaires surgissant de la faune sauvage dans le futur ? l'approche devrait être pluridisciplinaire et à visée préventive. Plus précisément, les points à envisager porteraient sur l'acceptabilité des risques par les divers groupes sociaux parties

---

prenantes ; les représentations (notamment des espèces animales impliquées) qui sont associées à l'évaluation de la gravité du risque ; la perception par le public de son exposition à la faune sauvage ; l'acceptabilité par le public des méthodes de gestion sanitaire, létales ou médicales et l'acceptabilité des contraintes imposées par cette gestion sanitaire.

On voit donc que la préparation et la mise en place des politiques publiques de santé, dans le domaine « des zoonoses de faune sauvage », doivent intégrer un spectre large de parties prenantes. Les discussions de l'atelier sur les crises sanitaires, a montré la complexité des enjeux et des modalités qui permettront de résoudre les conflits d'intérêts. L'amélioration progressive des pratiques et des règles, en vue d'une gestion durable des ressources domestiques et de l'environnement naturel, pour une meilleure santé de tous, prendra encore du temps. Le plan national « environnement santé » prévoit des actions dans ce sens. La concertation et l'écoute de toutes les parties restent des éléments essentiels de réussite d'une « gestion pluraliste » des dangers sanitaires impliquant la faune sauvage, qui devra prendre en compte les avis des sciences humaines.

---

**Président de l'atelier :**

Jean-Luc ANGOT<sup>16</sup>

**Interpellateur :**

Marc ARTOIS

**Orateurs :**

Leslie A. REPERANT<sup>17</sup> : la barrière inter-espèces : porte ouverte aux pathogènes zoonotiques

Frederick KECK<sup>18</sup> : Hong Kong sentinelle des pandémies de grippe

Paul MARTIN<sup>19</sup> : *continuum* entre recherche et crise sanitaire d'origine infectieuse

Luc PERINO<sup>20</sup> : crises sanitaires et principe de réalité

Pascal BERTHELOT<sup>21</sup> : le rôle des médias dans une crise sanitaire

Olivier MASTAIN<sup>22</sup> : risque sanitaire : innover pour gérer durablement

---

16. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt, Directeur général adjoint de l'alimentation (DGAL), CVO (Chief veterinary officer).

17. Centre médical Erasmus à Rotterdam, post-doctorante dans le département de viroscie.

18. Musée du quai Branly, Laboratoire d'anthropologie sociale.

19. ANSES, Directeur du laboratoire de Lyon.

20. Université Claude Bernard de Lyon, enseignant (Histoire et épistémologie de la médecine, Sciences humaines et sociales, médecine évolutionniste), médecin, écrivain et essayiste, diplômé de médecine tropicale et d'épidémiologie.

21. Journaliste.

22. Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, direction de l'eau et de la biodiversité.

# ATELIER F

## LA BIODIVERSITÉ COMME MÉDICAMENT : LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE

■ Bernard CHEVASSUS-AU-LOUIS<sup>1</sup>

*L'atelier a cherché à approfondir l'analyse des liens entre santé, biodiversité et fonctionnement des écosystèmes, avec en particulier l'intérêt du concept de services écosystémiques pour rendre compte de ces interdépendances. Il a également examiné les outils juridiques, économiques et politiques permettant de reconnaître et de favoriser le maintien, voire le renforcement de ces liens.*

*Il a souligné le potentiel d'innovation mais aussi le caractère encore largement inexploité des ressources de la biodiversité pour la santé humaine, en insistant sur la nécessité de considérer ces ressources comme des sources d'informations originales et non comme des stocks à exploiter.*

*Il a montré également l'intérêt d'adopter une vision systémique de ces relations entre santé et biodiversité, en considérant notre espèce comme partie intégrante d'un « socio-écosystème » au sein duquel les actions humaines peuvent être une cause importante d'émergence de problèmes sanitaires. Cette vision oblige également à s'interroger sur les conséquences de nos politiques de santé sur l'ensemble de ce socio-écosystème, à travers notamment l'effet des résidus de nos produits de santé (antibiotiques, médicaments divers...) sur les faunes et les flores.*

*Enfin, il s'est penché sur l'histoire de la prise en compte, relativement récente, de ces questions dans les agendas internationaux et nationaux et sur la capacité du droit à concilier le caractère privé des entités productrices de services écosystémiques (comme la qualité de l'air) et le caractère de bien commun de ces services.*

*Trois recommandations sont issues de cet atelier : mieux connaître et comprendre les liens entre biodiversité et santé ; développer les analyses économiques des services écosystémiques en encourageant des études couplées entre économistes de la santé et de l'environnement et, enfin, approfondir la question du statut juridique des services écosystémiques.*

1. Président de Humanité et Biodiversité.

---

## Introduction

Nous sommes entrés dans l'Anthropocène, cette nouvelle période géologique où l'espèce humaine est en mesure d'agir directement sur les grands cycles géochimiques, le climat et la biosphère. Force est de constater aujourd'hui que beaucoup de ces actions, volontaires et surtout fortuites, ont des conséquences négatives sur la biodiversité : les changements climatiques, les modifications de l'usage des terres et l'intensification de l'utilisation des ressources vivantes sont des facteurs de dégradation des écosystèmes. Cette dégradation du fonctionnement des écosystèmes et les pertes de biodiversité qui en résultent sont des facteurs aggravants des risques sanitaires et notamment des maladies infectieuses zoonotiques. Ce lien entre santé des écosystèmes et santé humaine et animale est aujourd'hui clairement exprimé par les chercheurs, et relayé par les grandes organisations internationales (OMS, OIE, FAO).

Les services écosystémiques ont été définis par l'« évaluation des écosystèmes pour le millénaire » en 2005 (« *Millennium Ecosystem Assessment* ») comme étant les bénéfiques que les personnes et les sociétés obtiennent des écosystèmes, ce qui inclut des services d'approvisionnement (eau, alimentation, ressources médicaments, etc.), de régulation (inondation, climat, maladies, etc.), culturels (spiritualité, récréation, etc.) et de support (cycles biogéochimiques, pollinisation). Parmi les bénéfiques (ou aménités) en termes de santé des services fournis par les écosystèmes, on peut citer la fourniture de médicaments (service d'approvisionnement), la bonne santé de la faune sauvage (service de support) ou le contrôle des maladies affectant les végétaux, les

animaux et les humains (service de régulation). Tout changement de l'état de la biodiversité est donc susceptible d'influencer la contribution des services écosystémiques au bien-être humain.

La gouvernance internationale, nationale et locale est également en jeu. Ainsi, le Protocole de Nagoya (2010), réglant l'accès et le partage des avantages (APA) et intégrant la diversité culturelle (les « savoirs traditionnels ») comme un élément de la biodiversité a imposé l'accord des pays pour l'exploitation de leurs ressources et la détermination des modalités de répartition des rétributions. Aux échelles locales, la prise en compte de la biodiversité et de la santé dans les politiques d'aménagement devrait conduire à développer une ingénierie environnementale orientée vers la santé publique.

C'est autour de ces liens entre santé, biodiversité et fonctionnement des écosystèmes et des outils juridiques, économiques et politiques permettant de reconnaître et de favoriser le maintien, voire le renforcement de ces liens que s'est organisé l'atelier.

## I. De l'économie des ressources à l'économie de l'information

Depuis le début de l'aventure humaine, le fait que des composantes de la biodiversité, espèces animales, végétales ou micro-organismes, soient la source de produits utiles à notre santé a constitué un fondement majeur des pratiques médicales, sans d'ailleurs que l'on comprenne le plus souvent le rôle que jouait ces produits dans le fonctionnement des écosystèmes, indépendamment de leur utilisation par l'homme. Ainsi, si l'usage des antibiotiques remonte maintenant à bientôt un

siècle, leur rôle dans la régulation des peuplements bactériens du sol commence seulement à être décrypté.

Cependant, la vision classique de ces produits était celle d'une « mine » de ressources à découvrir et à exploiter, à l'image des stocks de minerais ou d'hydrocarbures. Une telle vision a d'ailleurs pu conduire à menacer d'extinction certaines espèces – et continue à le faire – comme le braconnage de cornes, défenses et autres dents de divers mammifères utilisés en médecine traditionnelle.

Par rapport à cette vision minière, une première évolution serait de penser ces ressources beaucoup plus comme des « informations » que comme des produits. Autrement dit, ces ressources peuvent être quantitativement dérisoires mais témoigner d'un « savoir-faire » inédit, voire inimaginable avant qu'il ne soit observé. On connaît l'exemple du taxol, produit anticancéreux issu de l'écorce d'un if américain, *Taxus brevifolia*, espèce d'arbre à croissance très lente : comme il n'était pas possible d'exploiter durablement cette espèce, les chimistes ont utilisé cette information pour produire le taxol par hémisynthèse, c'est-à-dire en modifiant une molécule présente en quantité importante dans les feuilles facilement récoltables de l'if européen *Taxus baccata*. En prime, une molécule voisine et plus efficace, le docétaxel a été préparée. Mais, à côté de ces succès, beaucoup de ces « savoir-faire » disparaissent avant d'avoir pu être étudiés. On peut citer le cas de la petite grenouille endémique d'Australie *Rheobatrachus silus*, observée pour la première fois en 1972 mais disparue depuis 1981, et qui incubait ses œufs dans son estomac : comprendre les processus évitant la dégradation de ces œufs dans un milieu généralement très acide aurait sans doute ouvert des

pistes intéressantes non seulement dans le domaine de la santé mais peut-être dans bien d'autres domaines.

Ce point est d'ailleurs important : il invite à décloisonner l'exploration de ces savoir-faire de la biodiversité. Ainsi, la découverte d'une enzyme, la télomérase, qui synthétise à l'extrémité des chromosomes des structures protectrices, les télomères, est un résultat assez fondamental et a été réalisée chez un petit unicellulaire cilié *Tetrahymena thermophyla*. Il apparaît cependant que la diminution d'activité de cette enzyme peut permettre d'expliquer certains aspects du vieillissement.

Pour sensibiliser à l'intérêt de préserver ce patrimoine naturel, encore largement méconnu, les sciences économiques sont souvent interpellées. Cependant, si elles sont conceptuellement à l'aise avec la question de l'exploitation optimale de ressources minières connues et exploitées par des filières bien identifiées, ces sciences doivent affronter des problèmes autrement délicats lorsqu'il s'agit d'informations encore à découvrir et dont l'exploitation éventuelle impliquera des filières et se fera dans un futur indéterminé : prise en compte de l'incertitude (aussi bien sur la probabilité de la découverte que sur l'ampleur des bénéfices), évaluation de la valeur du temps à moyen et long terme<sup>2</sup>... Tout en reconnaissant

2. Voir par exemple le chapitre 5 du rapport du Centre d'analyse stratégique : CHEVASSUS-AU-LOUIS B., SALLES J.M., PUJOL J.-L., 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes - Contribution à la décision publique. Rapport du Centre d'analyse stratégique. La Documentation française, coll. Rapports et documents, n° 18, Paris. Téléchargeable à <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/094000203/index.shtml>

ces difficultés, et donc les limites actuelles de l'argumentation économique dans ce domaine, il apparaît souhaitable d'encourager la poursuite de ce dialogue avec les sciences économiques plutôt que de les déclarer inopérantes, voire illégitimes pour éclairer cette problématique.

## II. Adopter une vision systémique de notre santé

De nombreux travaux de sciences humaines<sup>3</sup> ont montré à quel point une vision dualiste, séparant l'homme de la nature, voire définissant l'homme en opposition avec cette nature, était une construction culturelle propre à la civilisation occidentale « moderne », c'est-à-dire apparue depuis la renaissance.

Dans cette conception, « notre santé » serait un objet autonome, qui nous serait propre et qui pourrait soit être altéré par des agressions (substances toxiques, agents pathogènes...) venant de la nature, soit être protégé de ces agressions en puisant dans les ressources de cette nature, nature considérée dans les deux cas comme une entité externe fonctionnant selon des lois propres.

Adopter une vision systémique, c'est-à-dire nous considérer comme partie intégrante d'un écosystème régi par des lois communes, ouvre des perspectives très différentes et nous allows en détailler quelques-unes.

Tout d'abord, au niveau le plus intime, considérer notre organisme comme un écosystème et prendre en particulier en considération les multiples micro-organismes qui partagent, pratiquement dès la naissance, notre vie est une vision que la biologie légitime chaque jour

3. Nous renvoyons en particulier à l'ouvrage de Philippe Descola « Par-delà nature et culture » (2005, Ed. Gallimard, Paris).

davantage. Qu'il s'agisse de notre flore digestive<sup>4</sup>, qui contient plus de cellules mais aussi 30 fois plus de gènes différents que notre génome « humain », ou des flores et faunes de notre épiderme, variables selon les parties de notre corps, nous sommes en permanence accompagnés d'un cortège d'espèces avec lesquelles nous interagissons et qui modulent notre santé.

Comprendre ces interactions, comme le rôle de la flore digestive dans les phénomènes d'obésité ou le rôle protecteur des flores de notre peau, voire le rôle modulateur des parasites dans les mécanismes de défense de notre organisme<sup>5</sup> peut nous amener à gérer différemment, à « ménager » cet écosystème personnel. En effet, on sait aujourd'hui, en particulier pour les flores digestives, que la composition de ces écosystèmes varie beaucoup d'un individu à l'autre et constitue donc une dimension de notre identité : on observe par exemple un lien net entre réduction de diversité de ces flores chez certains individus et importance des maladies métaboliques liées à l'obésité.

En élargissant la perspective, nous considérer comme partie intégrante de la biodiversité et donc inséré dans un écosystème, ou plutôt dans un « socio-écosystème », permet de revisiter notre rôle dans l'émergence de certaines agressions que nous percevons comme exogènes. L'exemple des maladies émergentes et, en particulier, les liens entre modification des habitats et des comportements humains

4. Voir pour en savoir plus le dossier de l'INRA <http://www.inra.fr/Grand-public/Alimentation-et-sante/Tous-les-dossiers/Metagenome-intestinal>

5. Voir l'article de Serge Morand (2014) « Le bricolage évolutif de l'humain : diversité des pathogènes et immunités ». H&B, la revue d'humanité et biodiversité, n°1, 25-32.

– déforestation, développement de l'urbanisation – et augmentation des contacts avec des espèces porteuses de divers agents pathogènes illustre bien l'intérêt de cette approche<sup>6</sup>. Il en est de même des maladies de « nos » espèces domestiques : il est clair que l'utilisation irraisonnée d'antibiotiques dans les élevages ou de produits phytosanitaires pour protéger les cultures est l'une des causes d'apparition ou de réapparition d'agents pathogènes devenus résistants, avec un risque d'escalade pouvant nous laisser *in fine* démunis pour lutter contre ces maladies.

### III. La biodiversité dépend-elle de notre santé ?

Adopter une vision systémique conduit à s'interroger non seulement sur la dépendance de notre santé vis-à-vis de la biodiversité mais aussi, à l'inverse, sur l'effet de nos pratiques de santé sur la biodiversité. Nous l'avons évoqué pour notre écosystème « personnel » mais, plus largement, dès lors que notre espèce impacte aujourd'hui la quasi-totalité des écosystèmes de la planète, il est légitime de s'interroger sur ce point.

La question n'est pas nouvelle : du drainage des zones humides pour lutter contre le paludisme à l'utilisation à grande échelle du DDT, insecticide à large spectre, les politiques de santé ont souvent eu des conséquences plus larges que l'élimination de la seule cible visée. Cependant, les méthodes d'analyse chimique actuelles – une goutte d'un produit donné diluée dans une piscine olympique n'échappe pas à ces analyses – permettent de révéler l'omniprésence de résidus de nos produits de santé (médicaments,

hormones, produits phytosanitaires...) dans les environnements les plus divers. On peut ainsi mettre en évidence la présence de résidus de DDT dans les oiseaux d'antarctique, à des milliers de km des zones traitées<sup>7</sup>.

Face à la puissance de ces analyses, la question des effets de ces résidus ou de leurs produits de dégradation est encore largement ouverte. Si certains effets apparaissent bien documentés – on peut citer le rôle néfaste pour les bousiers des produits vermifuges utilisés pour protéger « nos » chevaux –, l'effet global de cette « chimiosphère », désormais omniprésente, sur la biodiversité est loin d'être comprise et ceci pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, les espèces se révèlent très inégales vis-à-vis de leur capacité à supporter ces pollutions et cette tolérance, qui peut en outre varier au cours de leur cycle biologique, n'est aujourd'hui que très partiellement connue : l'évaluation réglementaire des produits de santé constitue la principale source d'information mais cette évaluation, qui doit être documentée, et donc financée, principalement par les firmes privées élaborant ces produits, se focalise d'abord sur notre espèce et, secondairement, sur un petit nombre d'espèces, comme les daphnies<sup>8</sup>, supposées représentatives. Ensuite, la question de l'effet des mélanges de polluants, avec d'éventuels effets de synergies entre eux, constitue aujourd'hui une pierre d'achoppement pour toute l'écotoxicologie. Enfin, dans un écosystème, les espèces ne sont pas des entités indépendantes : la raréfaction ou la disparition de l'une d'entre elle peut déclencher des

7. Voir [http://www.cebc.cnrs.fr/Fidentite/meillere/PDF/MEILLERE\\_Alizee\\_M2.pdf](http://www.cebc.cnrs.fr/Fidentite/meillere/PDF/MEILLERE_Alizee_M2.pdf)

6. Voir par exemple pour le virus Ebola le bulletin de l'OMS <http://www.who.int/bulletin/volumes/88/7/10-030710/fr/>

8. Petit crustacé d'eau douce facile à élever et utilisé pour les tests de toxicologie.



effets en cascade particulièrement difficiles à prédire.

Comme l'ont souligné de multiples rapports<sup>9</sup>, le renforcement des recherches publiques en écotoxicologie, afin de permettre une évaluation pertinente des produits de santé en élargissant l'analyse risques/bénéfiques au-delà de notre espèce apparaît indispensable.

#### IV. De la reconnaissance politique au droit

Sur le plan politique, la prise de conscience des relations entre la santé humaine et la biodiversité est relativement récente et encore fragile.

Au niveau international, la Convention de Rio sur la diversité biologique, signée en 1992, n'évoquait pas ce point. De même, le Protocole de Carthagène sur les échanges d'OGM, signé en 2000 en application de cette convention, mentionne les risques éventuels pour la santé liés à la composition de ces produits mais ne les relie pas à des modifications éventuelles de la biodiversité. Ce n'est que lors de la 10<sup>e</sup> session de cette convention, tenue en 2010 à Nagoya, qu'apparaît dans l'objectif 14 la notion des « *écosystèmes... qui contribuent à la santé* ».

Au niveau national, la première loi sur la protection de la nature de 1976 est muette sur ce point. La Charte de l'environnement, adoptée en 2004 évoque bien « *le droit de vivre dans un environnement équilibré et respectueux de la santé* » mais la notion d'environnement y est large (bruit, qualité de l'air, pollutions diverses...) et ne porte

9. Voir notamment le « Rapport du groupe de travail sur la stratégie nationale de recherche en toxicologie et écotoxicologie » (2010, La Documentation française), élaboré suite au Grenelle de l'Environnement. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/104000442/>

pas particulièrement sur l'aspect biodiversité. De même, son article 5 relatif au principe de précaution se limite explicitement aux atteintes à l'environnement et n'évoque pas la santé<sup>10</sup>.

Par contre, la seconde stratégie nationale pour la biodiversité, qui couvre la période 2011-2020 et s'inspire des objectifs de Nagoya, évoque explicitement « *le lien entre diminution de la biodiversité, augmentation de la pauvreté et dégradation des conditions de santé* ». La loi sur la biodiversité, qui sera soumise au Parlement en 2015, évoque également cette question mais uniquement sous l'angle de la bioprospection, c'est-à-dire de l'accès à des ressources biologiques pouvant donner lieu à de nouvelles applications médicales.

Au niveau juridique, la notion de service écosystémique n'a pas aujourd'hui de définition précise. Ce service est-il une propriété constitutive de l'objet producteur (par exemple la fixation de particules fines par une forêt) ? Dans ce cas, le propriétaire de l'objet serait reconnu comme propriétaire de ce service et pourrait donc en disposer comme il l'entend, c'est-à-dire, en particulier, en faire commerce ou y mettre fin. Ce service est-il plutôt un « bien commun » dont le propriétaire est dépositaire mais peut se voir imposer des règles de bonne gestion, comme une obligation de continuer à le produire, en étant éventuellement indemnisé pour cette servitude.

10. Il est d'ailleurs intéressant de comparer cette charte à la « Charte européenne de l'environnement et de la santé », adoptée en 1989 par les États membres de la région européenne de l'OMS et qui évoque beaucoup plus largement les liens entre environnement et santé. [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0006/136248/ICP\\_RUD\\_113\\_fre.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/136248/ICP_RUD_113_fre.pdf)



Cette seconde option, qualifiée de « transpropriation »<sup>11</sup> existe par exemple dans le cas des monuments historiques. Ils peuvent être juridiquement possédés par un acteur privé, qui peut à ce titre les revendre, mais leur caractère de « patrimoine historique » leur confère un statut de bien commun et permet à l'État d'imposer des règles sur ce qu'il est possible de modifier, quitte à prendre en charge tout ou partie des surcoûts liés à ces règles.

## Conclusions et recommandations

Trois recommandations émergent de cet atelier.

La première porte sur l'approfondissement des liens entre biodiversité et santé. Même si nous avons donné de nombreux exemples de ces liens, dans les deux sens, entre « notre » santé et l'état de la biodiversité, notre connaissance de ces relations est encore très partielle. Il conviendrait en particulier de croiser, au niveau géographique, les bases de données sanitaires, environnementales et celles sur la biodiversité et de compléter ces approches épidémiologiques par des expériences concrètes, à l'image des « jardins thérapeutiques » développés par certains hôpitaux.

Compte tenu de cette méconnaissance, il convient également de ne pas ériger en dogme le fait qu'une augmentation de la biodiversité soit systématiquement favorable à notre santé. Outre le fait qu'une partie du monde médical est plutôt enclin à

penser l'inverse et que le dialogue doit se poursuivre avec lui, il ne faut pas évacuer la notion parfois évoquée de « dys-service », c'est-à-dire qu'il puisse exister, dans certaines situations concrètes, un antagonisme entre des politiques sanitaires et la préservation de la biodiversité des milieux.

Ce dialogue entre conservation et santé doit donc être renouvelé, en s'appuyant en particulier sur des disciplines émergentes et intégratives comme « l'écologie de la santé » ou la « médecine de conservation ». Il doit permettre une co-construction des services écosystémiques et un développement méthodologique de leur évaluation, fondés scientifiquement et acceptés socialement.

La seconde recommandation concerne l'analyse économique. On observe en effet que, d'une part, il existe un certain cloisonnement entre les économistes de la santé et ceux de l'environnement et que, d'autre part, les études économiques sur l'évaluation des services écosystémiques liés à la santé sont peu nombreuses, si on les compare à celles sur la fixation du carbone, la qualité de l'eau ou la valeur récréative des écosystèmes. Il conviendrait donc d'encourager de telles études couplées entre économistes de la santé et de l'environnement.

Enfin, la question du statut juridique des services écosystémiques est sans doute à approfondir, dès lors que les entités « productrices » de ces services, voire des « dys-services » (les sols, les cultures, les forêts...), seront souvent privées alors que les opérateurs intéressés par la production de ces services seront le plus souvent des opérateurs publics : savoir si ces opérateurs sont considérés comme des « acheteurs » vis-à-vis de fournisseurs dont la production peut cesser ou comme des

11. Sur cette notion, voir notamment l'analyse approfondie de Judith Rochfeld (2013) « Quel(s) modèle(s) juridiques pour les « communs » ? Entre élargissement du cercle des propriétaires et dépassement de la propriété » [http://www.mshparisnord.fr/ANR-PROPICE/25-26\\_avril/rochfeld\\_modeles-juridiques.pdf](http://www.mshparisnord.fr/ANR-PROPICE/25-26_avril/rochfeld_modeles-juridiques.pdf)

---

« prescripteurs » pouvant exiger, au nom du bien commun, la fourniture de ces services n'est donc pas une simple question académique. Elle n'est d'ailleurs pas spécifique des services liés à la santé mais ce domaine de la santé offre sans doute un cas emblématique pour l'examiner.

---

**Président de l'atelier :**

Serge MORAND<sup>12</sup>

**Interpellateur :**

Bruno DAVID<sup>13</sup>

**Orateurs :**

Bruno DAVID : quels services écosystémiques pour la santé ?

Serge MORAND : quels services de régulation ?

Jeanne GARRIC<sup>14</sup> : la biodiversité dépend-elle aussi de notre santé : comment maintenir la qualité des services ?

Sarah AUBERTIE<sup>15</sup> : loi et éthique pour la biodiversité et la santé

Philippe BILLET<sup>16</sup> : approche juridique du service de santé rendu par les éléments naturels

---

12. CNRS, Directeur de recherche, équipe évolution et Écologie des communautés.

13. Laboratoires Pierre Fabre, Directeur des approvisionnements pour la R&D.

14. IRSTEA, Directrice adjointe scientifique du département eaux.

15. Fondation pour la recherche sur la biodiversité, en charge des questions relatives à l'accès et l'utilisation des ressources génétiques et au partage juste et équitable des avantages (APA).

16. Professeur agrégé de droit public [Université Jean Moulin – Lyon 3 (Lyon – France)]. Directeur de l'Institut de droit de l'environnement (U. Lyon 3 – EDPL EA 666) – Labex IMU.

# RÉFLEXIONS

Les articles qui suivent ont été proposés par les auteurs à la suite du colloque.

---

# FAUNE SAUVAGE ET ANTIBIORÉSISTANCES

■ François RENAUD  
■ Marion VITTECOQ

*Après une phase d'optimisme, à la suite du développement des antibiotiques, les dernières décades ont vu l'émergence de bactéries résistantes aux antibiotiques, voire de bactéries multirésistantes (BMR). Ces dernières se développent en réponse aux nouveaux traitements qui devaient permettre de classer durablement les maladies infectieuses au rang de causes mineures de problèmes en santé publique. Leur développement a été identifié par l'organisme mondial de la santé (OMS) comme une menace majeure pour la santé humaine, associée à des coûts économiques croissants.*

*L'origine des BMR est aussi diverse que difficile à déterminer. En effet, les éléments génétiques conférant les résistances peuvent être échangés entre différentes espèces et souches de bactéries. Ces configurations ont préexisté à l'utilisation des antibiotiques par l'homme, car de nombreux micro-organismes du sol produisent des antibiotiques et possèdent des mécanismes de résistances contre ces derniers [1]. Les résistances peuvent également évoluer en réponse à une exposition aux antibiotiques utilisés en médecine humaine ou vétérinaire [2]. L'OMS, la FAO (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) et l'OIE (Organisation mondiale de la santé animale) ont souligné la nécessité de collaborer étroitement pour lutter contre l'émergence des BMR, bien que cette approche n'inclue actuellement, dans la majorité des cas, que les animaux domestiques et non la faune sauvage. Pourtant, cette dernière apparaît, à la lumière des données existantes, comme un compartiment clé dans les dynamiques des BMR.*

*Il existe très peu de données sur les BMR présentes au sein de la faune sauvage en comparaison des connaissances existant au sein des populations humaines et d'animaux domestiques. Les recherches menées à ce jour ont mis en évidence la présence de BMR dans tous les types de milieux, jusqu'aux plus reculés [3]. Ces études ont permis de détecter des BMR chez des espèces très variées allant des rongeurs aux tortues marines. Les animaux sauvages apparaissent donc régulièrement porteurs et excréteurs de BMR.*

*Se posent alors plusieurs questions sur lesquelles nous nous appuyons pour dresser un bilan des connaissances actuelles, et identifier des axes de recherches qu'il devient nécessaire de développer :*

- ➔ Quelles BMR sont les plus fréquemment observées chez les animaux sauvages ?
- ➔ Dans quels écosystèmes et habitats se rencontrent-elles ?
- ➔ Le portage de ces BMR est-il associé à des caractéristiques écologiques particulières des espèces hôtes ?
- ➔ Où et comment se font les échanges de BMR entre la faune sauvage et les autres compartiments concernés ?

## Les bactéries présentes

L'objectif de la plupart des études menées à ce jour sur les antibiorésistances au sein de la faune sauvage a été de répertorier les populations de vertébrés porteuses d'un type de bactérie donné, et non d'analyser l'ensemble de la communauté bactérienne associée à ces populations. Nous devons garder à l'esprit que les données disponibles ne fournissent des informations que sur les bactéries qui ont été spécifiquement recherchées. Or le choix des bactéries ciblées est généralement lié à leur impact sur la santé humaine. Parmi les huit espèces (ou groupes) de bactéries identifiées par l'OMS comme des menaces majeures pour la santé humaine face aux résistances qu'elles présentent, quatre sont celles qui ont été les plus fréquemment étudiées chez la faune sauvage : *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Salmonella spp.*

*E. coli* fait partie de la flore intestinale naturelle de l'homme. Cependant, elle représente la cause la plus fréquente d'infections urinaires et sanguines dans le monde. Chez *E. coli*, les résistances les plus problématiques sont celles aux céphalosporines de 3<sup>e</sup> génération, principalement conférées par des enzymes appelées  $\beta$ -lactamases

à spectre étendu (BLSE), et les résistances aux carbapénèmes. Des *E. coli* productrices de BLSE sont présentes chez de nombreux oiseaux, en particulier des rapaces et des laridés [4], et chez des mammifères comme les sangliers. Bien que les *E. coli* résistantes aux carbapénèmes semblent présentes chez les animaux domestiques, elles n'ont pas encore été détectées au sein de la faune sauvage malgré les études qui les y ont recherchées.

Le staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*) qui fait partie de la flore cutanée et nasale de l'homme est également un agent pathogène à l'origine de nombreuses infections postopératoires. Chez *S. aureus* les souches résistantes à la méthicilline (SARM) représentent actuellement la menace la plus importante. Des SARM se rencontrent chez des oiseaux sauvages, ainsi que des mammifères terrestres et marins. Ils ont par ailleurs été associés à des cas de dermatites sévères et de septicémies chez le hérisson commun (*Erinaceus europaeus*). De plus, certaines études montrent que les mêmes souches de SARM circulent chez les humains et les rongeurs sauvages dans certaines zones urbaines.

Les bactéries du genre *Salmonella* représentent une cause importante d'infections d'origine alimentaire. La transmission à l'homme se fait généralement par la consommation d'eau ou de viande contaminée. Certaines souches de salmonelles, en particulier *Salmonella enterica* sérovar Typhi et *S. enterica* sérovar Paratyphi (agents de la typhoïde) sont responsables de cas cliniques sévères liés aux résistances portées par certaines de ces bactéries. Au sein de la faune sauvage, des souches de *S. enterica* sérovar Thyphimurium présentant une résistance à cinq antibiotiques

se rencontrent chez des mammifères et des oiseaux.

*Klebsiella pneumoniae* est fréquemment présente dans le tube digestif humain comme dans celui d'autres vertébrés. Les infections urinaires et respiratoires impliquant *K. pneumoniae* sont fréquentes en milieu hospitalier. Plus de 200 variants producteurs de BLSE ont été identifiés. Pour ces souches, les carbapénèmes représentent la seule option de traitement encore efficace. Mais *K. pneumoniae* est aussi la cause principale d'infections associées à des bactéries résistantes aux carbapénèmes. *K. pneumoniae* est répertoriée chez une grande variété d'espèces hôtes, des tortues aux limaces. De façon inquiétante, certaines souches de *K. pneumoniae* sont associées à des épisodes de mortalité chez des mammifères sauvages, notamment des lions de mer de Nouvelle-Zélande (*Phocarctos hookeri*), mais très peu d'études ont recherché des *K. pneumoniae* productrices de BLSE au sein de la faune sauvage. De telles souches ont néanmoins été identifiées en Alaska chez des goélands.

Nous devons élargir le champ de recherche des BMR au sein de la faune. En effet, des bactéries qui ne sont pas considérées comme des menaces pour la santé humaine pourraient jouer un rôle primordial dans le développement des antibiorésistances, *via* le transfert de mécanismes de résistances vers des agents pathogènes humains. Lors de l'examen de nos connaissances sur les BMR de la faune sauvage, les informations disponibles se focalisent sur la présence (ou l'absence) de souches résistantes. Elles ne nous renseignent pas sur les quantités relatives de bactéries résistantes et sensibles présentes chez chaque individu porteur. Cet aspect quantitatif est essentiel à

la compréhension des dynamiques des BMR. Des méthodes permettant l'étude de ce domaine devraient être développées.

## Les écosystèmes touchés

Une des premières étapes permettant de comprendre et de contrôler les flux de BMR est de déterminer où ils ont lieu et pourquoi. Les données disponibles montrent que des BMR sont présentes au sein de la faune sauvage, même dans les habitats les plus isolés. Des BMR ont ainsi été identifiées chez des gorilles au Gabon et des iguanes aux Galápagos. Néanmoins, il semble que la diversité des BMR, et le nombre d'individus qui en sont porteurs augmentent avec la proximité des activités humaines. Les études effectuées près des fermes mettent généralement en évidence de fortes prévalences de BMR, portées par des espèces en contact avec les élevages, comme les rongeurs ou les sangliers. De même, des études menées à proximité des hôpitaux, des zones urbaines et des stations d'épuration ont mis en évidence une forte prévalence des BMR chez les oiseaux et les rongeurs vivant ou se nourrissant dans ces habitats. Nous pouvons alors regretter que peu de travaux aient été menés le long d'un *continuum* d'habitats adjacents plus ou moins anthropisés. Une étude de ce type menée sur des rongeurs en Allemagne a montré un gradient de diversité des antibiorésistances détectées des porcheries aux habitats naturels, en passant par les zones urbaines et les hôpitaux.

L'eau semble jouer un rôle majeur dans la dispersion des antibiotiques et des BMR. Ces dernières ont été détectées dans l'eau traitée au sortir des stations d'épuration, dans les rivières et même dans l'eau de mer. Les milieux aquatiques et les espèces en dépendant pourraient donc être particulièrement touchés

par les BMR, bien que la majorité des études menées à ce jour aient ciblé des animaux terrestres. Pourtant, les quelques études réalisées sur des mammifères marins montrent qu'ils sont porteurs d'une grande diversité de BMR et que la proportion d'individus concernés semble avoir augmenté au cours de la dernière décennie. Les études futures devraient s'attacher à suivre en parallèle différents habitats permettant de comparer les contaminations des animaux présents et d'étendre l'analyse aux milieux aquatiques.

## Les caractéristiques écologiques des espèces hôtes

Pour comprendre le rôle de la faune sauvage dans la dynamique des BMR, il est essentiel d'identifier les éventuels traits qui favorisent le portage de ces bactéries. Au-delà des habitats qu'occupent les différentes espèces hôtes, deux traits écologiques peuvent influencer leur rôle dans cette dynamique :

1. l'utilisation des ressources de l'habitat, notamment le régime alimentaire et les points d'abreuvement ;
2. les déplacements au sein de l'habitat et de celui-ci vers d'autres lieux.

Les études permettant de comparer le portage de BMR chez plusieurs espèces au sein d'un même habitat sont rares. Les données existantes suggèrent que les grands prédateurs et les omnivores ont un risque très élevé de portage de BMR. Ainsi chez les oiseaux, ce sont les rapaces et les espèces généralistes telles que les goélands ou les pies qui présentent les plus fortes proportions d'individus porteurs de BMR, même si un lien causal direct reste à établir entre ces risques de contamination élevés et les régimes alimentaires en cause. De futures études devraient s'attacher à étudier les BMR le

long des chaînes alimentaires pour comprendre le parcours de ces bactéries au sein de ces réseaux d'interactions.

Les capacités de dispersion des différentes espèces hôtes sont importantes à prendre en compte car les espèces à fort potentiel de déplacement pourraient jouer un rôle central dans la dispersion des BMR. Par exemple, les grands prédateurs ont généralement des domaines vitaux très étendus. De telles espèces alliant forts risques de portage de BMR et fortes capacités de dispersion pourraient être clés dans la dynamique de ces bactéries au sein des habitats naturels. Les espèces omnivores sont quant à elles pour partie anthropophiles, et peuvent se nourrir de déchets en s'alimentant près des habitations ou/et des élevages. Elles pourraient constituer des ponts épidémiologiques entre la faune sauvage, les animaux domestiques et les populations humaines.

Les traits d'histoire de vie tels que la fécondité ou l'espérance de vie peuvent également influencer sur le rôle joué par chaque espèce dans la dynamique d'un pathogène, mais ils ont très rarement été pris en compte dans l'étude des BMR. Cet axe de recherche semble primordial à explorer à l'avenir.

## Les échanges entre faune sauvage, animaux domestiques et populations humaines

Les données appuyant l'existence d'échanges de BMR entre la faune sauvage, les animaux domestiques et les populations humaines s'accumulent. De plus en plus d'études montrent que des souches identiques ou très proches circulent chez les humains et la faune sauvage ou chez la faune sauvage et les animaux domestiques.

---

L'identification d'agents pathogènes similaires dans deux compartiments n'est cependant pas suffisante pour déterminer comment et dans quelle direction les échanges ont eu lieu. Plusieurs voies de transmission existent entre les compartiments impliqués incluant le contact direct entre les individus, leurs tissus ou leurs excréments, l'eau et le sol.

### *Les contacts*

Les humains et les animaux domestiques rencontrent des espèces anthropophiles vivant ou se nourrissant à proximité des habitations et des élevages, et les rongeurs présents dans le voisinage de ces zones peuvent être en contact direct avec les excréments d'animaux et du fumier. Des contaminations humaines par les animaux piégés ou chassés sont aussi possibles. De plus, les animaux sauvages se nourrissent parfois d'animaux domestiques morts (comme des veaux ou des agneaux mort-nés) ou de leurs viscères quand ils sont laissés sur place après l'abattage à domicile. Il serait nécessaire de considérer ces voies de contamination pour lutter contre la propagation des BMR au sein de la faune sauvage.

### *L'eau*

L'eau représente un milieu favorable à la transmission des BMR [5]. Les stations d'épuration ne suppriment généralement pas toutes les molécules antibiotiques ni les BMR des eaux usées traitées. L'eau contaminée rejetée dans les rivières permet la dispersion des résidus d'antibiotiques et des BMR en aval. De même, les effluents d'élevage contenant des BMR et des antibiotiques peuvent contaminer l'environnement aquatique et être transmis à la faune qui vit en étroite relation avec ce milieu.

Dans les habitats marins et d'eau douce, il devient urgent

d'étudier les impacts de l'aquaculture sur la dispersion des BMR et la possibilité de transmission à la faune sauvage. Dans le contexte de la croissance exponentielle de la demande en protéines animales, l'aquaculture pourrait représenter une voie possible de nutrition face à une population humaine mondiale grandissante. Mais force est de constater que la plupart des fermes aquacoles rejettent directement les résidus d'antibiotiques comme les matières organiques issues des fèces et de l'alimentation de poissons directement dans les habitats aquatiques environnants. De plus en plus d'études montrent que de telles pratiques sont associées à une accumulation d'antibiotiques dans les sédiments situés sous les bassins aquacoles et favorisent le développement des BMR, jusqu'à un kilomètre des fermes et plus selon les courants. Malheureusement, peu d'études sur cet impact de l'aquaculture ont inclus la recherche de bactéries infectant la faune sauvage dans des habitats proches des fermes aquacoles. Il faudra inclure cette composante dans les études futures, car les poissons sauvages et les mammifères aquatiques peuvent parcourir de longues distances et propager les BMR.

### *Le sol*

Le sol peut aussi être contaminé par des BMR et des résidus d'antibiotiques. Comme dit plus haut, les BMR sont naturellement présentes dans les communautés bactériennes du sol. Mais cette présence peut également résulter d'une contamination liée aux fèces d'animaux domestiques, ou à l'utilisation de fumier ou de boues d'épuration. Cette contamination du sol pourrait représenter une voie de dispersion qu'il devient nécessaire de contrôler pour limiter la dissémination des BMR. Le vent peut être un acteur de la dispersion des BMR en déplaçant des particules



du sol. Mais en l'absence de données suffisantes, il est difficile, voire impossible, de quantifier l'importance de cette voie de transport potentielle. Quelle que soit la source initiale de contamination du sol, les animaux sauvages venant s'alimenter dans les champs exposés peuvent se retrouver porteurs de BMR et participer à leur dispersion.

## Conclusion

Malgré les données prouvant la présence de BMR chez de nombreuses espèces dans une grande variété d'habitats aux quatre coins du monde, les études sur les échanges entre ce compartiment et les populations humaines et d'animaux domestiques sont encore trop rares. Dans cette synthèse nous avons apporté des informations importantes qui peuvent être déduites des données existantes et nous aider à comprendre la dynamique globale des BMR.

- ➔ Les habitats naturels les plus impactés par les activités humaines sont ceux qui présentent la plus grande diversité de mécanismes d'antibiorésistance chez les bactéries colonisant la faune sauvage.
- ➔ Les caractéristiques écologiques des espèces et leurs traits d'histoire de vie fournissent des informations sur leur impact dans la dynamique des BMR. Les espèces omnivores et anthropophiles semblent plus fréquemment porteuses de ces bactéries.
- ➔ Des échanges de BMR existent entre la faune sauvage, les humains et les animaux domestiques, mais il est difficile de définir les principales voies de transmission mises en jeu. Les contacts directs et la contamination par le sol et l'eau doivent jouer un rôle majeur dans les flux impliqués.
- ➔ Lorsque l'on étudie les flux de BMR, il est crucial de considérer les transferts horizontaux des

résistances entre bactéries.

Cette synthèse souligne à la fois les progrès importants réalisés au cours des dernières années sur le rôle de la faune sauvage dans la dynamique des BMR, et les grandes lacunes qui subsistent quant aux mécanismes impliqués. Pour relever le défi de la lutte contre l'antibiorésistance, il devient urgent de développer des recherches intégratives situées à l'interface entre populations humaines, faune sauvage et animaux domestiques. Il est remarquable de noter que l'approche « One Health », développée récemment, intègre le rôle de la faune sauvage dans la modélisation de l'écologie et de l'évolution des maladies émergentes. Il est impératif d'étendre cette approche fructueuse à l'étude des BMR, sans quoi, cette pièce manquante du puzzle pourrait nuire à notre capacité à limiter l'émergence, la persistance et la propagation des antibiorésistances.

## RÉFÉRENCES

- [1] Hopwood, D. A. How do antibiotic-producing bacteria ensure their self-resistance before antibiotic biosynthesis incapacitates them ? *Mol. Microbiol.* **63**, 937–940 (2007).
- [2] Davies, J. & Davies, D. Origins and Evolution of Antibiotic Resistance. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* **74**, 417–433 (2010).
- [3] Thaller, M. C. *et al.*, Tracking acquired antibiotic resistance in commensal bacteria of Galápagos land iguanas: no man, no resistance. *PLoS ONE* **5**, e8989 (2010).
- [4] Guenther, S. *et al.*, Comparable high rates of extended-spectrum-beta-lactamase-producing *Escherichia coli* in birds of prey from Germany and Mongolia. *PLoS ONE* **7**, e53039 (2012).
- [5] Taylor, N. G. H., Verner-Jeffreys, D. W. & Baker-Austin, C. Aquatic systems: maintaining, mixing and mobilising antimicrobial resistance ? *Trends Ecol. Evol.* **26**, 278–284 (2011).

---

# CRISES SANITAIRES ET PRINCIPES DE RÉALITÉ

■ Luc PERINO<sup>1</sup>  
■ Dominique PONTIER<sup>2</sup>

*Ce que l'histoire récente nous enseigne avec la « vache folle », le SRAS, ou encore la grippe aviaire H1N1, c'est que tout risque sanitaire peut se transformer en véritable crise sanitaire. Une « crise sanitaire » est en réalité une crise politico-sociale dont le contexte est médico-sanitaire [8]. Ces crises révèlent des erreurs ou négligences dont la mise en exergue a lieu parfois très longtemps après les premières constatations. Leur mise en lumière est dissociée des preuves, mais dans tous les cas se forge, chez le citoyen, l'évidence que la morbidité<sup>3</sup> et la mortalité auraient pu être évitées ou amoindries. La crise sanitaire est un processus complexe, difficile à appréhender. Nous souhaitons ici mettre en relief plusieurs faits importants que nous appelons « principes de réalité » qui permettent de mieux comprendre, d'une part, la grande variabilité du délai de déclenchement des crises, d'autre part, l'écart, parfois important, entre leur intensité (effets politiques, économiques et sociaux) et la réalité sanitaire (ampleur et gravité) qu'elles recouvrent. Nous verrons que les maladies infectieuses comportent des caractéristiques spécifiques posant aux décideurs des difficultés considérables, et nous terminerons par quelques réflexions sur des crises potentielles à venir.*

---

1. Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive, Université de Lyon, Université Lyon I, CNRS UMR 5558, 43 Bd du 11 novembre 1918, 69622, Villeurbanne.

2. Université Claude Bernard Lyon 1, LabEx ECOFECT « Dynamique éco-évolutive des maladies infectieuses », 69365 Lyon.

3. Nombre d'individus dans une population qui sont atteints par une maladie donnée pendant un temps donné.

## Les principes de réalité

Les trois principaux acteurs d'une période de crise sont le citoyen, les autorités et les soignants. Le citoyen en tant que victime réelle ou potentielle. Les autorités sanitaires en tant que responsables désignés et gestionnaires de la sortie de crise. Les soignants, quant à eux, forment une entité moins homogène, parfois déclencheurs d'alerte, parfois co-responsables, leur position peut être ambiguë mais leur rôle est primordial dans la traduction des faits au citoyen/patient.

Ces trois acteurs ont évidemment des niveaux de connaissance très différents qui influencent leur interprétation de la réalité. Mais la différence d'interprétation est due à de nombreux autres paramètres et acteurs. Le savoir profane du citoyen est influencé par les associations de patients, les avocats, les médias, ces acteurs intermédiaires contribuant à augmenter la défiance envers les soignants, les politiques et les industriels. Les autorités sanitaires ont une vision généralement biaisée par les lobbys et par des impératifs politiques ; leur position défensive face au risque juridique et leur réponse démagogique à la pression médiatique concourent à brouiller davantage leur analyse. Quant au savoir des soignants, il peut être parasité par des conflits d'intérêts, mais surtout, par l'émotion émanant des patients, des autorités ou des médias.

### L'inévitabilité

Le premier principe de réalité, conditionné par tous les autres, est que la gestion des risques sanitaires, si parfaite soit-elle, ne peut empêcher la survenue de crises ultérieures. Nous allons voir comment, dans le monde occidental, cette inévitabilité résulte de la complexité des hiérarchies et des pouvoirs, du niveau

de connaissance des acteurs, de la présence de conflits d'intérêts, et du caractère inflationniste de la demande sanitaire.

### La multiplication des biais

Comme nous l'avons noté, l'analyse des trois acteurs principaux est fortement perturbée par une multiplicité d'autres acteurs : médias, avocats, associations, industriels, marchands. La divergence des intérêts, les positions défensives, la contagion émotionnelle et le comportement moutonnier des médias aboutissent, à terme, à dissimuler la réalité sanitaire sous la réalité de la crise, comme si cette dernière devenait un objet d'étude indépendant. Ce principe de multiplication des biais confine parfois à l'obscurantisme, comme dans le cas des crises liées aux vaccinations (cf. *infra*).

### Niveau d'exigence et seuil de déclenchement

L'une des principales raisons de survenue d'une crise dans un pays riche provient du niveau d'exigence de santé du citoyen qui s'élève en proportion du niveau sanitaire de son pays. Le seuil de déclenchement d'une alerte dans un domaine donné est d'autant plus bas que la sécurité s'est améliorée dans ce domaine. Une boîte de conserve contaminée n'est véritablement intolérable que dans un pays où l'hygiène alimentaire est élevée, un accident d'anesthésie n'apparaît injuste que depuis que la mortalité de la chirurgie interne est passée de 50 % au XIX<sup>e</sup> siècle à moins de 1/100 000 aujourd'hui [19].

Les enquêtes montrent que la « morbidité vécue » par les citoyens est d'autant plus élevée que le niveau de « morbidité réelle » est bas. Amartya Sen, Prix Nobel d'économie, a tenté d'expliquer ce résultat paradoxal et cherché à comprendre les paramètres qui influençaient les réponses aux

---

enquêtes : environnement médical, niveau d'éducation, revenus, etc. Il a créé le concept d'« objectivité positionnelle » [17]. Les individus occupant une position sociale identique vont donner des réponses subjectives similaires.

Tout se passe comme si l'amélioration de l'état sanitaire objectif d'une population s'accompagnait d'une dégradation de sa subjectivité sanitaire, constituant le paradoxe de l'omniprésence de la maladie dans une population saine [15].

Cette dégradation de la subjectivité sanitaire perturbe l'appréciation du niveau de santé réel d'un pays et peut conduire à des excès démagogiques et à des politiques sanitaires injustifiées, risquant de majorer, à leur tour, le risque de survenue d'une crise sanitaire (nous verrons plus loin, comment le niveau d'information peut à son tour aggraver ce cercle vicieux et faire le lit des crises à venir).

### *La chronologie des jugements*

Cette dégradation subjective s'accompagne logiquement de nouvelles exigences qui diffèrent selon la chronologie critique : en amont d'une crise, ce sont des exigences de santé absolue, en aval, ce sont des exigences d'indemnisations, de condamnations et de transparence absolue. Ni la santé, ni la transparence ne pouvant être absolues, nous arrivons à un autre principe de réalité qui est celui de la chronologie des jugements. La sur-précaution, le sur-dépistage, le sur-diagnostic et le sur-traitement ne sont pas jugés de la même façon *a priori* et *a posteriori*, et selon que la crise attendue est advenue ou non ou que son intensité a été plus ou moins forte que prévu. L'inversion des jugements pré et post critiques est exactement

la même pour le sous-dépistage, le sous-diagnostic, la sous-précaution et le sous-traitement.

Le dépistage organisé du cancer du sein fait l'objet de moins de critiques que ne le susciteraient ses modestes résultats, mais les cancers induits par la mammographie suscitent des critiques dont la violence est disproportionnée par rapport aux faits. Le sur-traitement de l'hypercholestérolémie n'est pas perçu comme tel, mais le retrait du marché de la cerivastatine<sup>4</sup> en 2001 a été jugé comme une crise sanitaire en France, alors que des morts n'avaient été constatées qu'aux États-Unis [6] ! Le surdiagnostic de l'hyperactivité infantile est peu remarqué par le citoyen, mais les effets secondaires de la Ritaline<sup>5</sup> sur la croissance [12] pourraient un jour faire l'objet d'une crise avec accusations de sur-traitement.

### *La dissociation de la réalité sanitaire*

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'intensité et la durée de la crise (socio-sanitaire, juridico-sanitaire ou politico-sanitaire) reflètent souvent fort mal la réalité morbide qu'elle recouvre, et sa perception par chacun des acteurs peut être très lointaine de cette réalité. L'exemple extrême est celui de la crise du H1N1 en 2009 où c'est une précaution disproportionnée qui a déclenché la crise et non la gravité des cas. La mortalité de cette grippe a été inférieure à la moyenne du taux de mortalité des précédentes gripes saisonnières et la sur-précaution,

4. Médicament utilisé pour diminuer la cholestérolémie et prévenir les maladies cardiovasculaires. Il a été retiré du marché en 2001 à cause du taux élevé d'effets secondaires graves.

5. Psychostimulant puissant. Médicament qui permet de réguler l'hyperactivité pathologique de certains enfants.

seule cible de la vindicte, n'a eu aucun impact sanitaire positif ou négatif immédiat. Cet exemple est caricatural par l'accumulation des erreurs politiques : évitement des praticiens, militarisation des procédures vaccinales vécue comme une obligation, projet de deux fois 90 % de couverture vaccinale en quelques mois alors que le record national de couverture vaccinale était de 60 % sur un an (hépatite B) [18], preuves déjà incontestables de la bénignité de cette grippe, non prise en compte des récentes affaires de conflits d'intérêts dans le monde de la santé et trop forte visibilité des industriels. Cette crise « non morbide » a hélas engendré un problème sanitaire bien réel, celui d'une majoration de la défiance vaccinale et une baisse de la couverture vaccinale pour plusieurs autres maladies graves.

Nous verrons plus loin que l'infectiologie et la vaccinologie sont deux thèmes très particuliers, voire exceptionnels, dans le domaine des crises sanitaires ; en dehors de ces deux sujets, la perception des crises varie énormément selon le contexte.

Un déremboursement de médicament inutile est plus mal vécu qu'un manque de pharmacovigilance. Une nuisance subie (bisphénol A, pollution atmosphérique, nucléaire) est jugée toujours beaucoup plus sévèrement qu'une nuisance choisie (alcool, tabac, sucre, sel). Un risque industriel est toujours surestimé et plus sévèrement jugé qu'un risque routier ou domestique (la mortalité par accidents dits « de la vie courante » dépasse la mortalité routière et plus encore celle de la mortalité industrielle). La nocivité d'un médicament est jugée plus sévèrement que celle d'un aliment (oubli très rapide des intoxications alimentaires).

La victimisation augmente étrangement avec l'âge des victimes,

les personnes âgées (canicule) sont des victimes plus médiatiques que les adultes (amiante) qui le sont à leur tour plus que les enfants (distillène, obésité) et plus que les nourrissons (allaitement artificiel, tabagisme de grossesse, épidémies de crèche).

Il paraît quasi impossible pour les autorités, dans leur gestion sanitaire, de ne pas tenir compte de ces différents contextes de perception des crises. Pourtant, changer l'environnement de l'accouchement et de l'allaitement serait certainement plus profitable à l'avenir sanitaire de notre pays que de promouvoir la pharmacologie du troisième âge. La gestion politique de la santé fait face à cet énorme dilemme entre l'amélioration du ressenti de la population et l'amélioration des indicateurs sanitaires universels.

Les crises sanitaires entretiennent et aggravent des peurs, accusations et fantasmes, tels que ceux du scientifique apprenti sorcier ou de la nature qui reprend ses droits. Autant de mythes collectifs dont le politique doit aussi tenir compte ?

## Des principes de réalité à la variabilité des délais de déclenchement des crises

L'articulation de ces différents principes de réalité sur le terrain, conduit à une irrationalité dans le délai de déclenchement des crises. Le délai est ici défini par le temps écoulé entre la découverte du premier élément concret du problème sanitaire précritique et sa mise en exergue conduisant au déclenchement de la crise socio-politique qui en découle.

La variance des délais est énorme, et la durée de chacun est corrélée aux différents facteurs que nous avons évoqués : état de la connaissance ou de l'ignorance,

---

létalité, visibilité médiatique, lobbying et conflits d'intérêts, aspects juridiques, aspects émotionnels.

Le délai est d'autant plus court que la létalité est forte, mais il semble assez indépendant de la mortalité. C'est l'occasion de rappeler ici la signification épidémiologique de ces deux termes régulièrement confondus dans le traitement médiatique des crises sanitaires. La mortalité indique le pourcentage de morts par rapport à toute la population, alors que la létalité indique ce pourcentage par rapport aux personnes atteintes de la maladie décrite. Ces deux taux sont sans rapport, l'un peut monter alors que l'autre diminue ; la mortalité de la méningite a fortement diminué après la vaccination, mais sa létalité reste stable pour les enfants atteints ; la létalité des cancers a fortement diminué grâce au dépistage, mais leur mortalité a peu ou pas diminué. Une forte létalité, comme dans le cas du SIDA, de la canicule ou, plus récemment, du virus Ebola, est un facteur de raccourcissement du délai précritique. Une forte mortalité, comme dans le cas de l'amiante ou du tabagisme passif, n'a pratiquement pas eu d'impact sur le raccourcissement du délai, car la létalité était faible.

Un autre facteur est la visibilité médiatique des déclencheurs d'alerte. Dans l'affaire du sang contaminé les associations d'hémophiles ont eu un rôle déterminant pour raccourcir le délai précritique. Dans la canicule de 2003, les urgentistes ont eu une forte influence sur le grand public. Dans le cas de l'amiante, la visibilité médiatique est restée longtemps faible malgré la connaissance très ancienne de tous les éléments du dossier.

L'un des facteurs les plus efficaces est la pression des lobbys marchands associée aux conflits d'intérêts des acteurs politiques

et médicaux. Plus les intérêts sont menacés, plus le délai précritique est long. L'exemple le plus illustre est celui du tabagisme passif.

Mais le facteur majeur est évidemment l'ignorance des patients. Les éléments peuvent être connus de certains experts ou médecins, mais inaccessibles aux patients ou à leurs associations. Ce sont aujourd'hui l'information et l'organisation des patients qui sont les principaux facteurs de raccourcissement du délai précritique.

La judiciarisation de nos sociétés joue bien sûr un rôle fondamental dans la diminution des délais.

L'aspect émotionnel joue aussi un rôle important, comme dans le cas du sang contaminé, des prothèses PIP, et surtout dans tout ce qui touche à l'infectiologie, comme nous le développerons plus loin.

Quelques exemples confirment la grande variance des délais précritiques et leur corrélation avec les facteurs ci-dessus mentionnés.

- ➔ Antibiorésistance et maladies nosocomiales : délai de 40 ans. Faible létalité, faible visibilité médiatique, fortes pressions politiques et mercatiques.
- ➔ Amiante : délai de 35 ans. Faible létalité, faible visibilité pendant longtemps, intérêts marchands, ignorance des patients, associations de patients d'apparition tardive.
- ➔ Tabagisme passif : délai de 30 ans. Très fortes pressions des lobbys, faible létalité, forte mortalité.
- ➔ Médiateur : délai de 20 ans. Lobbying de type mafieux, conflits d'intérêts, assez faible létalité, aucune visibilité médiatique, ignorance des patients et des médecins.
- ➔ Thalidomide : 10 ans. Fort lobbying. Ignorance. Absence de réglementation. Pas de létalité. Très fort contenu émotionnel.

- ➔ Prothèses PIP : délai de 6 ans. Lobbying mafieux, négligences politiques, ignorance des patients et des médecins, contenu émotionnel.
- ➔ Sang contaminé : délai de 2 ans. Fortes associations de patients. Forte létalité. Fort contenu émotionnel (SIDA et hémophiles).
- ➔ Vaccin contre l'hépatite B : quelques mois. Forte visibilité médiatique. Létalité nulle. Exception vaccinale.
- ➔ Canicule : deux semaines. Forte létalité et visibilité médiatique immédiate.

## L'exception infectieuse

La liste ci-dessus nous montre que les crises sanitaires ne concernent pas seulement des maladies infectieuses et leurs épidémies, mais celles-ci ont toujours un écho plus large, même si la morbidité et la mortalité sont inférieures à celles enregistrées d'autres domaines (plomb, tabac, amiante, médicaments). Des épidémies comme celle de la peste au XIV<sup>e</sup> siècle, qui a vu disparaître environ 35 % de la population en moins de cinq ans [9], sont inscrites dans la collectivité humaine, bien au-delà d'une simple inscription mémorielle. Une telle intensité dramatique permet d'émettre l'hypothèse d'un stress post-traumatique retranscrit dans notre « épigénome » avec une héritabilité persistante, malgré plusieurs siècles sans équivalent. S'y superposent, encore aujourd'hui, des fantasmes de châtement divin ou d'agresseur invisible, des rêves de purification sociale, des suspicions de complots ou d'envahisseurs étrangers. Le biais émotionnel amplifié par les médias y atteint son maximum. Nul ne sait plus lire la réalité des chiffres, les autorités et les médecins continuent à confondre mortalité et létalité. Une maladie comme Ebola est inquiétante par son très fort taux de létalité de

l'ordre de 50 % [7], mais sa mortalité passerait inaperçue aux yeux de l'humanité sans nos moyens actuels d'investigation et d'information. Ajoutons que la contagiosité est rarement estimée à sa juste valeur.

Les succès de l'hygiène, des vaccinations et des antibiotiques et plus récemment des antiviraux, n'ont pas réussi à amoindrir cette peur ancestrale. Les antibiotiques forment toujours une classe à part dans la suspicion envers les médicaments ; leur responsabilité dans l'antibiorésistance, les maladies nosocomiales, l'obésité ou les maladies auto-immunes fait l'objet de très peu d'alertes.

Les vaccinations constituent le phénomène le plus étrange des relations entre médecine et société : le plus beau succès de la médecine est aussi une cible privilégiée des attaques qu'elle subit [5]. Le sectarisme et l'obscurantisme des lobbys anti-vaccinaux auraient-ils un lien d'ordre anthropologique avec notre irrationalité devant l'épidémiologie infectieuse ?

En 1994, la couverture vaccinale contre l'hépatite B de 60 % de la population en moins d'un an a constitué un record et a entraîné une chute rapide de la mortalité par cette maladie (pas de sa létalité). Mais ce record historique a provoqué la plus forte crise de suspicion vaccinale dans notre pays, bien supérieure à la défiance historique envers le BCG [18]. Chaque nouvelle vaccination est la cible de nouvelles attaques, le vaccin anti-rougeoleux accusé de provoquer l'autisme, le vaccin antigrippal la narcolepsie ou le vaccin anti-HPV des encéphalites et paralysies. La complexité juridique, qui peut reconnaître un préjudice indépendamment de la preuve [2], n'arrange pas les choses comme le confirme la récente condamnation de l'État à verser une indemnisation record 2 400 000 € à une infirmière ayant développé une sclérose en



---

plaques peu après une vaccination contre l'hépatite B [1]. Quelles nouvelles formes de crises sanitaires peut engendrer ce genre de faits ?

Enfin, les maladies virales émergentes constituent un domaine où la prévision est particulièrement difficile. La science actuelle ne permet pas de prévoir une mutation susceptible d'augmenter la virulence ou la contagiosité interindividuelle ou interspécifique d'un pathogène. Il ne peut exister aucune mesure efficace applicable dans l'éventualité, non estimable, où un virus de type Ebola ou VIH viendrait à acquérir une contagiosité du type de celle du virus grippal. La réponse politique réflexe serait celle d'une sur-précaution panique tous azimuts pour donner l'impression de faire quelque chose ! (cette remarque peut-elle modérer notre sévérité sur les bévues de la crise H1N1 de 2009 ?)

Dans le cadre d'une réflexion sur la biodiversité, nous pouvons ajouter trois remarques à cette « exception infectieuse » des crises sanitaires. Premièrement, ce n'est pas l'apparition de nouveaux pathogènes qui déclenche les crises, mais ce sont les modifications environnementales qui créent de nouveaux contacts et de nouveaux modes de contamination. Deuxièmement, selon l'hypothèse hygiéniste, la diminution de l'exposition aux pathogènes peut expliquer certaines pathologies inflammatoires, allergiques et auto-immunes. Enfin, la suppression d'un pathogène de sa « niche », peut également favoriser l'implantation d'un nouveau qui ne sera pas nécessairement moins virulent. La disparition de la lèpre a permis le développement de la tuberculose, laquelle a peut-être été une vaccination naturelle contre la lèpre [4]. La disparition de la syphilis a pu contribuer à l'apparition du SIDA, lequel a favorisé la réémergence de la syphilis [10].

## La gestion des risques et les crises à venir

Une bonne gestion sanitaire consiste à évaluer les risques futurs d'après les données actuelles des sciences biomédicales. Cependant, dans une société complexe, cette évaluation ne suffit plus, il faut aussi évaluer le risque de crise en faisant intervenir les données actuelles des sciences humaines et sociales, dont la maîtrise est infiniment plus complexe que celle des sciences biomédicales.

Pour terminer, nous allons imaginer quelques scénarios de crises sanitaires. Ces fictions pourraient devenir réalité sous les effets cumulatifs de la judiciarisation de nos sociétés, des progrès de l'épidémiologie, de l'explosion des moyens d'information et de l'emballage médiatique en cas de crise.

L'information du public sur les risques et dangers de certaines pratiques est souhaitable, mais elle peut être l'amorce de crises sanitaires à venir. Quelques exemples suffisent à montrer cette ambivalence que nous pourrions appeler le paradoxe de l'information sanitaire.

Notre premier exemple concerne le travail nocturne dont toutes les études confirment son impact très négatif sur la santé physique et mentale [13][14][16]. Pour l'instant les publications sont encore rares, faute de financement pour de compréhensibles raisons. Imaginons que des syndicats et associations de patients, encouragés par des avocats, puissent financer de telles études... Leur résultat ne fait aucun doute. Nombre de patients se verraient indemnisés pour des pathologies actuelles dont le travail posté serait considéré comme le facteur étiologique principal. Autant de crises à gérer en perspective. On verrait également un certain nombre de syndromes et pathologies venir



s'ajouter à la liste du CIM<sup>6</sup>.

Notre deuxième exemple concerne la prévalence de l'obésité, pathologie pour laquelle affluent les propositions thérapeutiques avec l'idée sous-jacente, encore vivace, que les patients sont en grande partie responsables de leur mal. Là encore, les travaux sur les causes environnementales pourraient trouver de nouveaux financements et pointer le rôle très néfaste des distributeurs de sucrerie, des accouchements par césarienne [3], de l'allaitement artificiel [11], etc. Les obèses n'auront alors aucun mal à trouver des avocats pour attaquer les ministères négligents, les accoucheurs inconscients, les fabricants de laits maternisés, les marchands de friandises et de sodas, voire même leurs propres parents (souvenons-nous de l'arrêt « Perruche »<sup>7</sup>).

Nous pouvons encore imaginer des parents accusant les crèches de ne pas les avoir avertis qu'un enfant allaité artificiellement, privé de l'immunité maternelle, ne devrait pas aller en crèche avant l'âge de 10 mois, âge auquel il acquiert sa propre immunité. Chaque petite épidémie de crèche devenant alors l'occasion d'une nouvelle crise sanitaire.

Imaginons encore à loisir les hôpitaux accusés pour les affections nosocomiales, les obstétriciens accusés pour césariennes, épisiotomie

6. Liste de classification internationale des maladies et des problèmes de santé connexes publiée par l'OMS.

7. « Dès lors que les fautes commises par un médecin et un laboratoire dans l'exécution des contrats formés avec une femme enceinte avaient empêché celle-ci d'exercer son choix d'interrompre sa grossesse afin d'éviter la naissance d'un enfant atteint d'un handicap, ce dernier peut demander la réparation du préjudice résultant de ce handicap, et causé par les fautes retenues. » Cass. ass. plén., 17 novembre 2000, n°99-13.701 ; Dalloz 2000, I.R. p.295 (Perruche) ; Conclusions M. Sainte-Rose, Avocat général, Rapport Sargos ; B.I.C.C. 526 ([www.courdecassation.fr](http://www.courdecassation.fr)).

ou déclenchement abusifs lorsque toutes les affres de ces pratiques seront révélées par une épidémiologie de plus en plus précise. Dans tous ces cas, le nombre des victimes dépassera largement celui de toutes les crises sanitaires connues... Paradoxalement, les progrès de l'information et de la communication sont devenus de nouveaux facteurs de crises sanitaires. La première « class action » (nouvelle procédure civile d'action de groupe) vient d'avoir lieu en France<sup>8</sup>. L'extension du concept de démocratie participative va jouer le même rôle... Enfin, la globalisation mondialise toutes les crises sanitaires, un problème de pollution en Inde baisse le seuil de déclenchement chez nous, une épidémie exclusivement tropicale génère la même peur que si elle était à notre porte (Ebola), un accident médicamenteux est relaté dans le monde entier, même dans les pays où il n'y a pas eu de morts (exemple de la cerivastatine).

## En guise de conclusion...

Pour ne pas terminer sur une note pessimiste, évoquons quelques aspects positifs et certains bénéfiques indirects des crises sanitaires. La crise du thalidomide a permis la réglementation des mises sur le marché pharmaceutique (AMM). La crise du sang contaminé a permis de réformer certaines administrations archaïques. La crise du Médiator a renforcé les moyens de lutte contre la corruption. La crise de l'amiante a relancé les entreprises du bâtiment. La crise du tabagisme passif a permis de créer le concept d'agnotologie, science qui étudie les moyens de créer de la méconnaissance. Véritable course aux armements qui nous a permis de dévoiler les subtilités, l'opportunisme et le cynisme des

8. <http://www.lesechos.fr/industrie-services/services-conseils/0203821167575-lufc-que-choisir-lance-la-premiere-class-action-en-france-1048520.php>

sciences mercatiques<sup>9</sup>, lesquelles devront à leur tour déjouer les experts de l'agnotologie. L'ensemble de ces crises a aussi permis de revaloriser l'épidémiologie qui était le parent pauvre de la médecine. Les crises sanitaires ont aussi permis de faire un peu plus de place aux expertises non officielles, particulièrement dans les pays anglo-saxons où le poids de la hiérarchie pèse moins sur les débats.

## RÉFÉRENCES

[1] AFP 2014. Une malade de la sclérose en plaques reçoit 2,4 millions d'euros d'indemnisation. Libération, 13 août 2014.

[2] Ascherio A., Zhang S.M., Hernán M.A., Olek M.J., Coplan P.M., Brodovicz K., Walker A.M. 2001. Hepatitis B vaccination and the risk of multiple sclerosis. *N. Engl. J. Med.* 344: 327-332.

[3] Darmasseelane K., Hyde M.J., Santhakumaran S., Gale C., Modi N. 2014. Mode of Delivery and Offspring Body mass index, overweight and obesity in adult life : a systematic review and metaAnalysis. *PLoS ONE* 9(2): e87896. doi: 10.1371/journal.pone.0087896.

[4] Donoghue H.D., Marcsik A., Matheson C., Vernon K., Nuorala E., Molto J.E., Greenblatt C.L., Spigelman M. 2005. Co-infection of *Mycobacterium tuberculosis* and *Mycobacterium leprae* in human archaeological samples : a possible explanation for the historical decline of leprosy. *Proc. Biol. Sci.* 272(1561): 389-394. doi: 10.1098/rspb.2004.2966.

[5] Editorial 2007. Tackling negative perception towards vaccination. *Lancet Inf. Dis.* 7(4): 235. doi: 10.1016/S1473-3099(07)70057-9.

9. La mercatique est « l'ensemble des techniques et des actions grâce auxquelles une entreprise développe la vente de ses produits et de ses services en adaptant, le cas échéant, leur production et leur commercialisation aux besoins du consommateur » (terminologie publiée au JO du 2 mars 2010). Équivalent du marketing.

[6] Furberg C.D., Pitt B. 2001. Withdrawal of cerivastatin from the world market. *Current Controlled Trials in Cardiovascular Medicine* 2:205-207. doi: 10.1186/cvm-2-5-205.

[7] Gatherer D. 2014. The 2014 Ebola virus disease outbreak in West Africa. *J. Gener. Virol.* 95: 1619-1624.

[8] Gilbert C. 2011. Les différentes facettes des crises sanitaires, *Questions de santé publique. GIS-IRéSP*, n°12.

[9] Gottfried, R. S. 1983. The black death. Natural and human disaster in medieval Europe. The Free Press, New York, N.Y.

[10] Grmek M.D. 1990. Histoire du SIDA, Payot.

[11] La Revue Prescrire (LRP) 2008. Allaitement maternel. *Prescrire* 28(297) : 510-520.

[12] La revue Prescrire (LRP) 2011. Méthylphénidate : retards de croissance staturopondéral, *Prescrire* 31(328): 108-109

[13] Menegaux F. Truong T., Anger A., Cordina-Duverger E., Lamkarbach F., Arveux P., Kerbrat P., Févotte J., Guénel P. 2012. Night work and breast cancer: A population-based case-control study in France (the CECILE study). *Int. J. Cancer* 132(4): 924-931. doi: 10.1002/ijc.27669.

[14] Milia L.D., Waage S., Pallesen S., Bjorvatn B. 2013. Shift work disorder in a random population sample – prevalence and comorbidities. *PLoS ONE* 8(1): e55306. doi: 10.1371/journal.pone.0055306.

[15] Perino L. 2012. Les nouveaux paradoxes de la médecine. Le Pommier, pp. 109-110.

[16] Pietroiusti A., Neri A., Somma G., Coppeta L., Iavicoli I., Bergamaschi A., Magrini A. 2010. Incidence of metabolic syndrome among night-shift healthcare workers. *Occup. Environ. Med.* 67: 54-57.

[17] Sen A. 1993. Positional objectivity. *Philosophy and Public Affairs* 22 (2): 126-145.

[18] Siegrist C.A. 2000. Retour sur un psychodrame collectif, *La Recherche* 329: 80-84.

[19] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire\\_de\\_la\\_chirurgie](http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_la_chirurgie)

# ÉTHIQUE ET CONTRÔLE DES MALADIES TRANSMISES PAR LA FAUNE SAUVAGE<sup>1</sup>

■ Marc ARTOIS<sup>2</sup>  
■ Léonie VAROIEFF<sup>3</sup>

L'éthique s'emploie à mener une réflexion sur les comportements humains et orientations de l'esprit pour concevoir et construire un monde humainement habitable. **Quoi que encore peu perceptible, le besoin de se conformer à une éthique dans la gouvernance en santé animale suit une tendance plus générale initiée par la bioéthique ou l'éthique de l'environnement.** Nous voudrions ici, explorer brièvement en quoi, un point de vue éthique est nécessaire lorsqu'il s'agit de contrôler les agents pathogènes transmissibles de la faune sauvage, en liberté.

Le recours à l'abattage de la faune sauvage considérée comme réservoir de ces agents, est fréquent dans les situations d'émergence, mais s'avère techniquement peu efficace<sup>4</sup>.

1. Les propos tenus dans cet article n'engagent que leurs auteurs, et en aucun cas ne sauraient être considérés comme reflétant l'opinion de l'administration ou de l'ENSV.

2. École nationale des services vétérinaires, VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon, 1 avenue Bourgelat, 69 280 Marcy l'Étoile. [marc.artois@ensv.vetagro-sup.fr](mailto:marc.artois@ensv.vetagro-sup.fr)

3. Étudiante Master 2 Philosophie, « Éthique et développement durable », Université Jean-Moulin – Lyon 3.

4. Carter, S. P., S. S. Roy, et al. (2009). Options for the Control of Disease 2: Targeting Hosts. In : Management of Disease in Wild Mammals. R. Delahay, G. C. Smith & M. Hutchings, Ed. Springer (Tokyo, Berlin, Heidelberg, New York) : 121-146.

Il s'agit pour nous d'analyser la pertinence et la légitimité des choix pratiqués à l'endroit des abattages sécuritaires de faune sauvage. Pourtant, les détracteurs de cette approche prudentielle ne parviennent pas à faire entendre leur point de vue. Ils sont alors souvent perçus comme des idéalistes ou des activistes, loin des priorités des éleveurs, mettant en péril des activités économiques indispensables en milieu rural, et menaçant parfois la santé publique.

Cette problématique et les polémiques récurrentes qui s'ensuivent rendent nécessaire une analyse plus fine et holistique des positions défendues et de leurs fondements. Les décisions sanitaires en faune sauvage, concernant des vivants actuels et à venir<sup>5</sup>, nous ne pouvons plus omettre ou négliger des éléments réduisant la portée d'activités ayant pour unique objectif, la préservation immédiate de la santé publique ou celle du bétail. Notre objet consiste à élargir les perspectives et la réflexion, ainsi qu'à élaborer une pensée du long terme comme le nécessite toute analyse

5. Hommes présents et générations futures, animaux, flore indirectement et plus largement écosystèmes et équilibres naturels préservant la biodiversité.

---

écologique, portant sur un milieu délicat à la capacité de résilience fragilisée.

La posture qui impose la santé de l'homme (ou des animaux de production) comme seule valeur défendable en situation de crise, quelles que soient les circonstances et implications, n'est pas dénuée de légitimité mais ne se suffit pas à justifier la destruction d'animaux sauvages en liberté. On doit s'interroger sur la relativité culturelle et imaginaire qui la supporte et la suppose. Se représenter la faune sauvage comme foyer privilégié d'émergence de maladies<sup>6</sup> consiste en une réduction ontologique de ce qu'est le milieu naturel. C'est considérer le dualisme nature/humanité comme seul socle structurel de toutes nos décisions sanitaires.

La sécurité sanitaire interroge notre rapport à la vulnérabilité. En situation de crise ou de risques potentiels pour la population humaine et animale, doit-on inmanquablement pratiquer une méthodologie eugéniste passant par l'abattage ou considérer au contraire que le problème vient en grande partie du fait que nous avons échoué à la protection des êtres les plus vulnérables qui nous entourent ? Dès lors que les barrières inter-espèces sont fragilisées, dès lors que les équilibres écosystémiques sont modifiés par l'homme, que les élevages et les hommes se trouvent directement frontaliers des zones sauvages, alors la propagation des agents pathogènes n'est plus autorégulée et implique une situation de risques avérés.

Nous n'éviterons pas les crises sanitaires, bien que nous puissions en réduire l'impact, de même que l'on ne pourra prévoir leur apparition. Il est donc préférable

de mener une réflexion préalable, en cherchant un consensus sur des fondements éthiques orientant notre réflexion commune. Pour y parvenir, **nous utiliserons la familiarité des acteurs de santé avec l'analyse de risque<sup>7</sup>, en faisant référence à la dimension subjective de l'évaluation des conséquences (consequence assessment) du danger sanitaire** (représenté par les animaux sauvages porteurs des germes, auxquels les hommes et les animaux domestiques sont sensibles).

En premier lieu, notre problématique peut être replacée dans un cadre plus général : la question philosophique de la « bien traitance » et du bien-être animal. Celle-ci s'appuie surtout sur des arguments présentés en réaction à la façon dont sont traités les animaux dans les abattoirs ou dans le cas de l'expérimentation animale. En revanche, le traitement infligé aux animaux dans ce qu'on appelle la prophylaxie sanitaire des maladies animales, nous semble avoir été peu évoqué. Il s'agit là d'un sujet à traiter dans le large champ de la relation homme-animal, dans la question encore plus large de ce que *vivre-de*, et *vivre-avec* signifie, voire de ce *qu'habiter* engage. Cette prophylaxie consiste essentiellement à abattre les animaux atteints ou menacés, dans les « foyers » de maladie, pour arrêter la propagation du germe responsable. Depuis l'apparition en France de la rage vulpine, en 1968, toutes les tentatives de contrôles des maladies transmises par la faune sauvage ont eu pour objectifs de transposer les méthodes employées pour le bétail ou la volaille (abattage des animaux porteurs et « isolement » des zones atteintes en espérant une disparition des cas). Dans les situations récentes

6. Jones, K. E. et al., (2008). « Global trends in emerging infectious diseases ». Nature 451(7181) : 990-993.

7. Pfeiffer, D. U. (2010). Veterinary Epidemiology. An Introduction. Oxford, Wiley-Blackwell.

de risques de contagion, présentés par des animaux sauvages, qu'ils soient captifs (éléphants du parc zoologique de la Tête d'Or) ou sauvages (tuberculose en côte d'Or ou Brucellose dans le Bary), les éleveurs ont appuyé leur argumentation en faveur de la destruction des animaux sauvages, sur un principe d'équité de traitement, en fonction des règles qui sont appliquées, à leurs dépens, aux animaux de production.

Le problème sanitaire qui doit être abordé lorsque la faune risque de contaminer le bétail ou l'homme, repose sur le lien entre la source du microbe (dans la faune sauvage) et les populations animales ou humaines victimes (potentielles) de la maladie. Une autre question est la présence (et la persistance) du microbe à la source (dans le milieu naturel) est bien plus complexe, s'agissant d'espèces vivant sans contrôle direct de l'homme dans la nature<sup>8</sup>. La prise de décision doit donc d'abord se fonder sur la relation épidémiologique à l'animal sauvage : probabilité de passage du microbe en fonction du lieu et de la saison, et des activités humaines qui sont en rapport.

On comprend bien que cette probabilité dépend beaucoup de la familiarité ou de la méfiance que notre espèce entretient avec ou pour, la faune sauvage ; en particulier, la représentation que nous avons des animaux sauvages que nous utilisons ou que nous considérons comme des nuisances, influence la nature des contacts directs ou indirects que nous avons avec la source de germes<sup>9</sup>.

L'importance que nous accordons aux animaux dans notre

hiérarchie de valeurs influencera également l'attention que nous porterons à eux. La relation homme-animal (ou humanité et animalité, voire biodiversité) a inspiré une littérature relativement abondante qui reflète la diversité des points de vue philosophiques et anthropologiques<sup>10</sup>, sur ce sujet. La place nous manque pour envisager de façon exhaustive le spectre des idées, notre but est ici simplement d'en illustrer la richesse par quelques exemples qui nous paraissent pertinents.

La difficulté à surmonter, pour essayer de présenter aussi objectivement que possible l'éventail des options philosophiques, consiste à éviter l'opposition entre rhétorique et dialectique, qui ont en commun de tenter de présenter un point de vue comme « meilleur » qu'un autre. Il existe de nombreux clivages qui opposent depuis le XVII et XVIII<sup>e</sup> les sentiments à la raison, les penseurs français (notamment J.-J. Rousseau) et anglais (comme T. Hobbes) ou encore allemand (E. Kant). En particulier, un très ancien débat philosophique oppose la nature et la culture, à des échelles allant de l'Univers, à l'Homme lui-même. Les ouvrages de Janine Chanteur<sup>11</sup> ou Luc Ferry<sup>12</sup> parus il y a plus de 20 ans, mais défendant des thèses assez éloignées, font l'un et l'autre le point sur la question du droit des animaux et citent les principales références existant, à l'époque. Un ouvrage d'entretiens plus récents<sup>13</sup> présente les opinions contrastées,

10. Nous invitons le lecteur qui voudrait approfondir sa propre analyse à commencer par lire les monographies des auteurs que nous citons dans les encyclopédies consultables en ligne.

11. Chanteur, J. (1993). *Du droit des bêtes à disposer d'elles-mêmes*. Paris, Seuil. 183p.

12. Ferry, L. (1992). *Le nouvel ordre écologique*. Paris, Grasset. 275p.

13. Cyrulnik, B., E. de Fontenay, *et al.*, (2013). *Les animaux aussi ont des droits*, Paris, Seuil. 268p.

8. Artois, M., R. Delahay, *et al.*, (2001). « Control of Infectious Diseases of Wildlife in Europe ». *Veterinary Journal* 162(2) : 141-152.

9. Voir, en particulier sur ce point, l'ouvrage très éclairant de F. Keck, (2010). *Un monde grippé*. Flammarion, 2010 p350.

---

et parfois radicales d'auteurs marquant le débat contemporain en France : Boris Cyrulnik, Elisabeth de Fontenay<sup>14</sup> et Peter Singer<sup>15</sup> (ici accessible en Français, cet auteur, bien que controversé, est souvent considéré comme le représentant contemporain du courant *antispéciste* défendant une exigence morale envers les animaux).

Ces prises de positions et l'argumentation présentée, soutenue par une très large partie de la population, ont fini par aboutir au vote d'une loi, le 28 janvier 2015 qui accorde à l'animal domestique un statut « d'être vivant doué de sensibilité » dans l'article 515-14 du nouveau Code civil<sup>16</sup>, ne faisant pourtant qu'établir une cohérence entre Code civil et Code pénal, sans que des mesures contraignantes ne soient véritablement prises. Néanmoins le compromis auquel arrive aujourd'hui la réglementation française, glisse lentement le curseur vers une reconnaissance élargie des devoirs, et de la responsabilité juridique des humains, vis-à-vis des animaux. Mais si notre droit reconnaît aux animaux (domestiques) un statut par nature différent de celui des objets, des plantes ou des écosystèmes, il considère toujours l'animal comme un bien, et non pas comme un être autonome. Il est question à travers ce raisonnement de décider quel type de monde nous portons, et quel type de monde nous habitons. La place que nous

---

14. Elisabeth De Fontenay, *Le silence des bêtes : La philosophie à l'épreuve de l'animalité*, Paris, Points, 2013.

15. Peter Singer, *La libération animale*, Paris, Payot, 2012 (première parution 1975).

16. Voir la présentation du dispositif français en matière de protection animale sur le site Web de la direction générale de l'alimentation : <http://agriculture.gouv.fr/le-dispositif-juridique-en-matiere>

accordons à L'Autre<sup>17</sup>, en fonction de la valeur que nous lui accordons et de la vulnérabilité qui le caractérise, constitue une illustration du type de vie que nous souhaitons mener et que la société humaine construit.

Il reste que le législateur, dans le texte du 16 janvier 2015 a rejeté un amendement visant à reconnaître le même statut aux animaux sauvages, principalement pour des raisons juridiques, mais aussi en raison des contraintes que cela entraînerait pour les activités de chasse et de gestion sanitaire. Notre propos est donc d'argumenter sur la proportionnalité de la réponse à apporter au danger présenté par les animaux sauvages porteurs de maladies ; l'argument de leur sensibilité aux souffrances portées par les destructions visant à éradiquer les populations réservoirs, bien qu'important, ne saurait suffire à fonder une conduite appropriée, surtout si le danger sanitaire est perçu comme une menace grave, voire létale.

Il faut donc revenir à la démarche qui conduit à promouvoir ces mesures, éventuellement controversées. Les services de l'État qui doivent mettre en place le contrôle du risque qui nous intéresse, sont le plus souvent les services vétérinaires. Comme nous l'avons vu, la méthodologie pour analyser de façon opérationnelle les situations nouvelles, échappant à un cadre prédéfini, est l'analyse de risque. Les étapes de cette analyse qui concernent les dangers d'émission (par la faune sauvage) ou d'exposition (des animaux domestiques, ou de l'homme) aboutissent à des estimations quantitatives, ou

---

17. Claude Lévi-Strauss s'est penché longuement sur la réciprocité, la dimension relationnelle et empathique qu'engage le visage de l'autre. L'Autre dans toute son altérité peut être, selon certains courants, élargie à l'animal.



qualitatives permettant de conclure, de façon relativement objective si le risque est à prendre en considération, donc nécessite la mise en place de mesures de limitation du risque, ou s'il est négligeable (et dans ce cas, ne nécessite pas d'intervention). Le rôle des services vétérinaires s'étend à proposer des mesures de gestion sanitaire, allant jusqu'à l'abattage d'animaux, si cela leur semble opportun. Un conflit peut apparaître si des groupes de personnes portent un jugement différent sur l'utilité et l'efficacité de ces mesures et leurs impacts sur les animaux sources. **La prise en compte de la dimension subjective de l'analyse de risque, parfois ignorée voire contestée, est ici pourtant indispensable, nécessitant un recours aux sciences humaines et sociales**<sup>18</sup>. Pour simplifier, le conflit résulterait de l'opposition de deux parties de la société percevant différemment les mesures de gestion sanitaire, l'une du côté de la nature, et l'autre de la culture, prenant ironiquement ici un sens agricole...

L'existence d'au moins quatre ontologies évoquées par Philippe Descola nous semble un bon moyen d'échapper aux impasses qui opposent nature et culture. Le dualisme qui structure la conception occidentale du monde reposerait sur une convention sociale propre à notre culture post-moderne. Une vision plus éco-centré, ou éventuellement bio-centrée de la relation homme/nature, pourrait enrichir notre réflexion. Selon cet anthropologue, après exploration et imprégnation des différentes approches existantes, on pourrait classer les sociétés humaines en quatre modes d'identification de l'humain par rapport au vivant, non humain. En combinant deux critères : physicalité (comme je me vois)/

psychisme (comme je me pense), d'une part, et identité/différenciation de l'autre, la façon de définir ou parfois d'abolir les frontières entre soi (perçu comme humain) et autrui (vivant, y compris humain) aboutit à quatre modèles de pensées : le totémisme (identification du clan humain à son totem non humain, à la fois à sa conscience et à ses caractéristiques), l'animisme (identité de l'intériorité, de l'être, entre humains et non-humains, mais différence des aspects physiques), l'analogisme (système complexe, rencontré dans certaines cultures asiatiques notamment, où existent des discontinuités portant sur la physicalité et l'identité, entre humains et non-humains), et enfin le « naturalisme » qui, selon Descola, serait propre aux sociétés occidentales. Ce « naturalisme » postule une barrière entre soi et autrui, fondée sur une opposition absolue entre nature et culture<sup>19</sup>. Or, et c'est probablement un élément dont l'importance est sous-estimée, notre société ne se range plus sous la seule bannière du naturalisme (assumé inconsciemment par l'idée consensuelle de la supériorité de l'homme sur l'animal), elle s'exprime en parallèle d'une relation à l'animal de compagnie, devenant souvent partie intégrante de la famille, lui conférant donc un statut de personne non humaine... Pour nous, dans la société française (et plus largement les sociétés occidentales urbaines) coexistent deux points de vue ontologiques : le naturalisme traditionnel (rural et englobant l'ensemble du monde animal) et une forme d'animisme (urbain, instaurant une rupture entre la relation à l'animal

19. À défaut de lire l'ouvrage de P. Descola (Par-delà nature et culture, Gallimard, 2005), voir : F. Héran (2007) « Vers une sociologie des relations avec la nature », Revue française de sociologie 4 (Vol. 48), p. 795-806 lien : [www.cairn.info/revue-francaise-de-sociologie-2007-4-page-795.htm](http://www.cairn.info/revue-francaise-de-sociologie-2007-4-page-795.htm). (consulté le 22 avril 2015).

18. Hansson, S. O. (2010). « Risk : objective or subjective, facts or values » Journal of Risk Research 13(2) : 231-238.

compagnon et à l'animal nourriture).

Dans l'évaluation subjective des conséquences d'une gestion sanitaire des infections de la faune sauvage, chaque partie de la société tirera donc des conséquences diamétralement opposées d'une approche létale, reposant sur la destruction plus ou moins massive des animaux porteurs de germes ou exposés à ceux-ci. L'appréciation de l'impact affectif, moral, ou médiatique des mesures d'abattage, sur une communauté bien plus nombreuse que celle qui souhaite à son profit cet abattage, conduit à une difficulté politique à laquelle sont confrontés les décideurs, au premier rang desquels se placent les préfets. Nous voudrions donc montrer que les décisions relatives à l'abattage quasi systématique des animaux considérés comme potentiellement porteurs ou exposés à des germes dangereux sont toujours révocables et non absolues, contrairement à ce que ses promoteurs prétendent, les considérant comme l'unique solution ; d'autre part, la prévention sanitaire ne porte pas pour l'essentiel sur ce type de destructions, mais sur les mesures prises en amont des crises.

À ce stade, pour paraphraser Corine Pelluchon<sup>20</sup>, il est temps de « politiser la question animale » : l'inspiration des philosophes et anthropologues qui ont abordé la problématique de la relation humanité/animalité vient principalement des travaux de Michel Foucault et du concept de biopolitique<sup>21</sup> selon lequel le pouvoir moderne s'exerce sur les corps individuels et les populations par des normes et des règles coercitives, afin de se perpétuer. Foucault n'a pas complètement explicité son idée, et l'a même en

partie abandonnée. Mais elle continue d'inspirer des chercheurs des SHS dans une direction, celle de la société contemporaine, dite « du risque » qui exacerbe la contradiction entre sécurité et liberté<sup>22</sup>.

Le **contrat social** rousseauiste est un fondement de notre conception du bien vivre social ; Michel Serre<sup>23</sup>, entend mettre en œuvre un **contrat naturel** afin de placer l'humanité dans les enjeux environnementaux que son activité engendre, considérant les vivants de la biosphère comme tous acteurs d'un écosystème à préserver dans l'intérêt de tous (être présents et futurs) et non exclusivement de celui des hommes au temps présent. Aussi les conséquences d'un abattage massif pour raisons sanitaires entraînent généralement des conséquences de long terme engageant les générations futures humaines autant que les animaux sauvages et leur milieu naturel.

Le fantasme sous-jacent à la terreur inspirée par la « maladie de la faune sauvage » est celui de la maladie émergente, qui prend la forme d'une menace imminente sur la société (le franchissement de la barrière d'espèce, « Contagion » : film de Steven Soderberghen de 2011, la pandémie) **exigeant le sacrifice expiatoire d'un dérisoire bouc émissaire** : tel que le bouquetin du Bargy...

Frederick Keck, déjà cité, choisit d'étudier spécifiquement cette question (les maladies émergeant de

20. Pelluchon, C. (2014). Zoopolitique et justice envers les animaux. *Études sur la mort, L'Esprit du temps*. 145: 15-28.

21. Seguin, T. (2007), « Biopolitique », in V. Bourdeau et R. Merrill (dir.), *DicoPo*, Dictionnaire de théorie politique.

22. Voir également l'ouvrage : Ulrich Beck, *La société du risque, Sur la voie d'une autre modernité*, Paris, Flammarion, 2008 ainsi que *Pouvoir et contre-pouvoir à l'heure de la mondialisation*, Paris, Flammarion, 2009 qui mène une réflexion sur la compréhension et perception du risque dans le monde contemporain, entre construction imaginaire et représentation sociale ainsi qu'un regard critique sur « l'expertocratie » occidentale.

23. Michel Serres, *Le contrat naturel*, Paris, Flammarion, 1992.



la faune sauvage : SARS et Influenza) à Hong Kong, place « sentinelle » de deux mondes qui s'observent, la Chine et l'Occident). Il illustre comment les différentes cultures (occident rationaliste, bouddhisme, taïisme) font face à la menace sanitaire, mais aussi quelles sont les victimes expiatoires (avifaune, volaille, éleveurs, commerçants) et comment s'opposent la violence faite aux hommes et aux animaux, et les rites de réconciliation...

Face à cette violence<sup>24</sup> les théoriciennes du « Care » dont Joan Tronto et, plus proche de la question animale et environnementale, Sandra Laugier apportent une conception axée sur la sollicitude vis-à-vis du vivant ; approche conforme à la vision « écologique » de Descola. Enfin, mais cette revue ne prétend pas être exhaustive, Corinne Pelluchon adopte un point de vue anthropologique et politique, en considérant la nature et ses composants, comme une nourriture, à la fois « terrestre » et spirituelle, avec laquelle nous entretenons une relation symbiotique<sup>25</sup> montrant que nous ne pouvons détruire ce qui nous nourrit. La République, prolongeant la proposition de Michel Serre, doit établir un nouveau contrat entre les humains et le vivant...

La question sanitaire, puisqu'elle questionne notre rapport à l'animal au niveau politique, engage une interrogation profonde sur les fondements de notre droit, posant une question de justice<sup>26</sup>. Notre responsabilité et la limitation de

nos droits ou la portée de nos devoirs sont le cœur de la gestion sanitaire de la faune sauvage. Le progrès humain passant inévitablement par une extension de la compréhension de ce qu'est l'altérité.

Dominique Bourg<sup>27</sup> propose la création d'une institution de veille politique, garante du respect de la Nature dans toute décision la concernant. Elle prendrait effet sous forme de 3<sup>e</sup> chambre institutionnelle, pensée comme un filtre nécessaire pour l'arbitrage, entre autres sanitaire, portant sur la faune sauvage.

Après cette « promenade » philosophique sur les représentations de l'humanité et de la biodiversité, nous suggérons que l'évaluation du risque sanitaire, posé par la faune sauvage, ne peut pas adopter une seule ligne de conduite : celle de détruire la population animale source ; même si cette population représente un réel danger. Les options « létales » ne sont pas seulement inspirées par un raisonnement objectif d'estimation des probabilités de survenue de la maladie dans les populations cibles (humains et bétail). Il existe en effet un éclairage culturel, social, politique de la gestion du risque qui montre que l'argumentaire de l'éradication repose sur une vision de l'humanité, « maîtresse et possessive » de la création. Cette vision obsolète et politiquement conservatrice, se montre inappropriée pour répondre aux menaces que le développement de l'espèce humaine fait peser sur l'écosystème global, et à terme sur sa propre survie.

Comme nous l'avons évoqué, les solutions létales (maîtrise de la maladie par destruction de la population source) sont surtout, souvent inefficaces ! Il est en effet illusoire de vouloir transposer le

24. Lire également le roman de Romain Gary, « les racines du ciel », Paris, Gallimard, 1972.

25. Corinne Pelluchon, *Les nourritures. Philosophie du corps politique*. Paris, Seuil, 2015. 386p.

26. Nous retrouvons cette thèse dans différents ouvrages de Corinne Pelluchon dont *L'autonomie brisée – bioéthique et philosophie* – Paris, 2014 Quadrige, PUF.

27. Dominique Bourg et Kerry Whiteside, *Vers une démocratie écologique, le citoyen, le savant et le politique*, Lausanne, Seuil, 2010.

---

concept d'assainissement (culling en anglais) aux populations animales sauvages dont on ne connaît pas l'emprise spatiale, l'effectif et la structure des populations, le taux de renouvellement de celle-ci et le statut sanitaire des individus, à la différence des animaux domestiques désormais totalement traçables, dûment répertoriés dans des bases de données qui suivent l'animal depuis son stade fœtal jusqu'à sa présentation à l'étal du boucher...

Concluons provisoirement que le problème sanitaire, n'est donc pas celui d'une source malfaisante, mais bien d'une liaison dangereuse avec celle-ci. Les solutions sont à trouver dans la distance qui doit être maintenue entre la faune sauvage et les divers relais qui peuvent véhiculer des germes de maladies jusqu'aux animaux de production et jusqu'à l'homme. Les options sont peu nombreuses, en dehors de celles qui consistent à éviter le contact infectieux ; mais il est généralement possible de délimiter avec assez de précision les secteurs où la contagion est possible, afin de permettre de mettre en place des barrières sanitaires<sup>28</sup>. Bien que limitée, la littérature scientifique en langue anglaise ouvre quelques pistes pour analyser, au cas par cas, et gérer techniquement les situations de risques sanitaires posés par des

animaux sauvages. Ainsi, dans un article récent, Crozier et Schulte-Hostedde (2014) proposent un arbre de décision, pour prendre des mesures proportionnées en fonction des risques encourus, aussi bien pour les humains que pour les animaux<sup>29</sup>.

Ceci tend à montrer l'importance de se questionner sur la juste manière de régler nos crises sanitaires : foisonnement de questions directement liées à cette pratique qui ne peuvent demeurer en suspens. Lors d'une crise sanitaire provoquée par la menace d'intrusion d'une maladie liée à un réservoir sauvage, l'analyse des risques doit donc comporter un volet consacré aux sciences humaines, prenant en compte la dimension subjective des conséquences, écologiques et sociales, des options de contrôle. Cette requête, pour le moment non prise en compte par la réglementation, s'appuie sur l'apport de travaux récents d'anthropologues, de sociologues, de philosophes qui étudient les représentations de la biodiversité dans les différentes couches de la population. La collaboration des médecins, vétérinaires, biologiste, épidémiologistes (...) avec les sciences humaines et sociales dont la philosophie et l'anthropologie est donc indispensable pour permettre d'établir ces nouvelles règles.

28. Voir sur ce sujet : Artois, M., J. Blancou, *et al.*, (2011). « Sustainable control of zoonotic pathogens in wildlife : how to be fair to wild animals ? » *Revue scientifique et technique (OIE)* 30(3): 733-743.

29. Crozier, G. & A. I. Schulte-Hostedde (2014). « The ethical dimensions of wildlife disease management in an evolutionary context ». *Evolutionary applications* 7(7) : 788-798.

# CONCLUSION

■ Gilles PIPIEN  
■ Serge MORAND

Tout colloque permet de peser thèses et antithèses puis de conclure de manière nuancée, si ce n'est équilibrée ! Notre colloque posait donc la question « notre santé dépend-elle de la biodiversité ? ». La réponse de nos débats est donc : OUI... mais... !

Tout d'abord, il est clair qu'il faut rappeler que **les humains font partie du vivant**, ils ne sont pas à côté du vivant, mais bien dedans, en interaction avec le vivant. De plus, la biodiversité n'est pas qu'un catalogue d'espèces (dont la nôtre), c'est bien plus que ça : le vivant constitue un entrelacs de dynamiques en interdépendance. L'espèce humaine est en interdépendance avec les autres espèces, avec les écosystèmes. Et comme nous-mêmes, nous sommes en interrelations sociales, nous devons plutôt évoquer les socio-écosystèmes.

En somme, **notre espèce est partie intégrante de « socio-écosystèmes »** au sein desquels, d'une part, les actions humaines peuvent être une cause importante d'émergence de problèmes sanitaires, et, d'autre part, existent des ressources de la biodiversité pour la santé humaine. Ces ressources (comme les principes utiles à notre pharmacopée) nous sont d'autant plus précieuses que nous savons les considérer comme des sources d'informations originales et non comme des stocks à (sur)exploiter, voire épuiser.

Certains nous ont rappelé que la biodiversité, dans sa dynamique d'évolution, constitue un outil efficace pour limiter la monospécificité, souvent responsable de crises environnementales et sanitaires (cf. grippe aviaire dans élevages intensifs de volailles), mais aussi pour nous mettre en alerte (*i.e.* les animaux sauvages sont les victimes prémonitoires des épidémies et donc les sentinelles du danger).

D'autres nous ont conseillé d'être vigilants face à de vieux préjugés, comme cette notion de barrière d'espèces. Ce qui peut apparaître maintenant comme un dogme scientifique, a trop longtemps amené à baisser notre garde, et à mésestimer les crises d'origine zoonotique par exemple. On considère à tort que l'homme est par nature différent du reste du vivant. En fait, les pathogènes n'ont pas de frontière, de barrière dans le vivant, et peuvent passer de la faune sauvage à l'homme. Ou, plus précisément, les pathogènes n'ont pas mis de frontière entre les humaines et les animaux, ni entre les animaux sauvages et les animaux domestiques. Comment donc

contrôler, dans les sociétés humaines, la circulation de pathogènes qui s'y sont introduits ? Cette approche nous amène à la question de l'organisation du système de santé.

**Nous sommes dans l'anthropocène**, caractérisée par une crise majeure de la biodiversité et de nouveaux risques sanitaires. Nous impactons les milieux, qui nous impactent en retour. **Nous créons notre exposome !**

Il faut raisonner sans frontières géographiques et comprendre, par exemple, que les maladies infectieuses évoluent en continu, en lien avec les évolutions des écosystèmes, que nous provoquons. Les milieux naturels sont des intermédiaires entre nos déchets, nos pollutions et notre santé. La majorité des maladies infectieuses sont d'origine animale, mais, les causes (du passage de la faune sauvage à l'homme) sont directement liées aux actions humaines : déforestation, agriculture, déplacements internationaux et commerce, etc. Or, la biodiversité peut protéger (cf. effet dilution). Il faut avoir une approche par le fonctionnement des écosystèmes pour comprendre et agir.



Diapositive extraite de la présentation de A H Prieur Richard (DIVSERSITAS)

Il faut **comprendre comment fonctionne la nature, pour comprendre comment nous soigner.**

Or, il faut bien reconnaître la complexité du lien entre santé et biodiversité. Nous avons pu entendre exprimer des points de vue différents, suivant l'origine du regard : pour les écologues, l'effet bénéfique de la biodiversité ; pour des infectiologues, les menaces de la biodiversité. Nous avons pu

entendre des controverses scientifiques : effet dilution grâce à la richesse de la biodiversité ou aggravation des maladies infectieuses du fait de la protection de la biodiversité (cf malaria au Brésil). Cependant, plus près de nous, d'autres nous alerte sur un facteur de fragilité : la baisse de la diversité dans les espèces domestiques.

Dès la dixième conférence des parties (COP10) de la Convention pour la diversité biologique (CDB, en 2010), l'objectif affiché (pour 2050) de préservation de la biodiversité a été défini dans l'optique d'une planète saine (« *Healthy planet* »). Parmi les liens entre santé et biodiversité, ont été repérés les enjeux suivants : espèces envahissantes et allergies ; purification de l'eau ; sécurité alimentaire et nutrition ; régulation des maladies émergentes (cf. approche « *ecohealth* ») ; médicaments ; bien-être physique, mental et culturel ; résilience et adaptation des écosystèmes.

Il nous a donc fallu approfondir, et nous comprenons qu'il faut que les chercheurs, les scientifiques présentent au mieux les controverses, les incertitudes et les certitudes.

Voici quelques-unes des leçons scientifiques du colloque, les propositions de pistes de recherches, avant d'évoquer des éléments pour l'action, pour les politiques publiques.

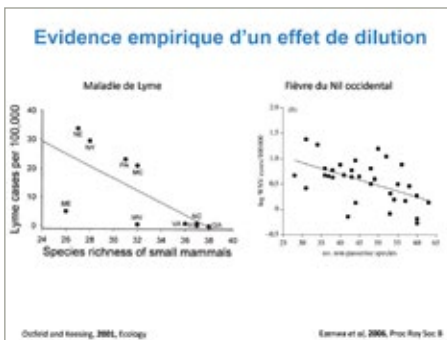
## Les leçons scientifiques

Nous limiterons notre propos à quelques avancées importantes, partagées par les participants, en matière de :

- ➔ écologie microbienne ;
- ➔ antibiorésistance ;
- ➔ substances naturelles ;
- ➔ changement climatique.

De nombreux intervenants ont montré l'importance de la bonne connaissance du fonctionnement des milieux, des écosystèmes (sols, eaux, etc.), au niveau microbien, des bactéries, etc. Il est clair qu'il y a un enjeu majeur à approfondir nos connaissances en **écologie microbienne** des milieux naturels, au regard en particulier des stress environnementaux. Et, en matière de prévention pour la santé humaine, **l'évaluation des risques doit prendre en compte, non quelques espèces, mais le fonctionnement de la biodiversité.**

Par exemple, l'effet dilution a été évoqué : la richesse spécifique des espèces animales est très souvent négativement corrélée avec l'incidence de la maladie chez les humains, (cf. maladie de Lyme ou fièvre du Nil Occidental entre autres).



Diapositive extraite de la présentation de B. Roche

Pour autant l'usage des antibiotiques a une conséquence inéluctable qui est que les bactéries évoluent progressivement à leur contact pour devenir résistantes et faire échouer les traitements.

Diapositive extraite de la présentation du professeur Andreumont

Médecins, mais aussi vétérinaires et écologues ont débattu de l'antibiorésistance, qui n'est plus le seul problème des salles d'opérations, mais un enjeu de santé humaine, dont la menace s'est répandue dans les milieux.

Les antibiotiques ont révolutionné la médecine et permis à celle-ci non seulement de faire disparaître la crainte de nombreuses infections mais aussi d'accomplir des progrès impensables sans eux. La médecine actuelle est antibio-dépendante.

Il existe un lien bien démontré entre la consommation d'antibiotique et l'émergence de l'antibiorésistance. Le principal facteur de diffusion des bactéries multirésistantes (BMR) consiste dans le transfert de l'antibiorésistance entre organismes :

- ➔ transfert de résistances intraspécifiques (dans l'espèce humaine, mais aussi dans diverses espèces, notamment domestiques) ;

- 
- ➔ transfert de résistances interspécifiques (par exemple entre faune sauvage et faune domestique) ;
  - ➔ mais aussi, transferts horizontaux des gènes de résistance qui amplifie l'antibiorésistance des bactéries au sein de chaque écosystème.

Et, **nos agressions de l'environnement, par exemple via les antiseptiques et détergents**, les biocides, contribuent à ces phénomènes d'antibiorésistance. C'est aussi le cas avec d'autres agressions, comme la pollution aux métaux lourds : la résistance bactérienne à ces métaux relève des mêmes gènes que celle pour la résistance aux antibiotiques.

Par ailleurs, la biodiversité peut nous apporter **d'excellentes substances naturelles**, utiles pour notre santé : la biodiversité est source d'innovation. Par exemple, en matière de lutte contre le cancer : grâce à l'évolution, des plantes ont élaboré des molécules bioactives, et plus de 65 % des molécules actives contre le cancer sont d'origine naturelle. Les plantes sont une source majoritaire de principes efficaces. **Ne détruisons pas ce que la nature fait pour nous gratuitement.**

Un atelier s'est plus particulièrement penché sur les interactions avec le changement climatique : en fait, les liens entre santé et biodiversité ressortent de facteurs multiples, au sein desquels, **le changement climatique apparaît comme un facteur aggravant.**

Par exemple, si l'on se penche sur le lien entre le changement climatique et le paludisme. On constate que le paludisme dépend de plusieurs facteurs : l'organisation du système de santé (cf. la résurgence du paludisme en Grèce, suite la crise économique), la vulnérabilité des populations, la densité des populations dans des zones urbaines... Mais, la température joue en effet un rôle (délais d'incubation, etc.) et il y a des effets nets du changement climatique, même si ce n'est donc qu'un facteur.

Les effets du climat sur la santé sont aussi médiés par ses impacts sur les écosystèmes et la biodiversité. Mais ces impacts sont complexes, variables et difficiles à étudier, car ils sont liés à de multiples facteurs. Outre les variables physiques (température, humidité...), il s'agit de décrypter les voies de transmission infectieuse (agents pathogènes, organismes hôtes, vecteurs de transmission, espèces réservoir) en les articulant aux modifications liées aux activités humaines (modification de l'usage des sols, baisse de la biodiversité, flux mondiaux en tout genre). Et il faut citer l'importance majeure d'autres facteurs anthropiques tels que l'urbanisation, l'augmentation de la résistance aux traitements, l'augmentation des densités de population humaine et animale ou la qualité des services de santé dans la prévision du risque de maladie infectieuse. Finalement, l'Homme va lui aussi devoir s'adapter.

Par exemple si l'on se penche sur le moustique « tigre », *Aedes albopictus*, vecteur en particulier du Chikungunya, les activités anthropiques apparaissent comme les principales responsables de l'expansion de son aire de distribution. Le transport involontaire des œufs d'*Aedes albopictus* par le commerce transcontinental de pneus usagés pour le rechapage ou l'importation de plantes ornementales de type « lucky bamboo » l'ont affranchi des barrières océaniques. La mondialisation des échanges a entraîné la mondialisation de certains vecteurs et de leurs pathogènes, et la prévention de leur introduction demeure la plus efficace des méthodes de gestion du risque.

## Les questions scientifiques à approfondir/ les pistes de recherche

Ces quelques enseignements, nous permettent donc de mieux voir les principales pistes de recherches à approfondir, en matière d'écologie microbienne, mais aussi d'écotoxicologie du vivant. Mais, nous constatons deux enjeux importants : la nécessaire mobilisation des sciences sociales ; la mise au point de scénarios.

L'**écologie microbienne** nous apparaît comme un enjeu de recherche majeur, afin de mieux comprendre le vivant, le fonctionnement du vivant, **dans les sols et les milieux aquatiques** mais aussi au sein des humains ou des animaux (le **microbiote**), et la biodiversité entre et au sein des individus, des populations et des espèces.

L'individu doit être considéré comme un écosystème où co-existent de nombreux organismes, dont les interactions peuvent-être directes ou médiées par le système immunitaire. L'individu n'est pas un organisme, c'est un écosystème, dont nous commençons seulement à comprendre l'importance et à appréhender la complexité. Chez l'homme, on peut ainsi distinguer le microbiote de l'intestin, des voies respiratoires, de l'épiderme ou encore du vagin.

La préservation de la diversité génétique à cette échelle intra-spécifique revêt donc une importance cruciale pour l'avenir, aussi bien pour mitiger les effets des changements climatiques sur nos systèmes de production que pour limiter la propagation des agents infectieux.

En intégrant la dimension du microbiote, nous devons ainsi repenser le fonctionnement de l'organisme écosystème comme basé sur un triptyque composé du système immunitaire, des communautés de microorganismes « bénéfiques » et enfin des communautés de parasites et de pathogènes.

Et cette approche de l'écologie microbienne nous incite à approfondir **une écotoxicologie du vivant et des milieux**. Il s'agit de caractériser les nouvelles expositions dans le fonctionnement de la biodiversité, pouvant impacter la santé (comme les nano-objets). Nous pensons en particulier au risque émergent de l'arrivée des nanotechnologies.

Plus globalement, il s'agit de caractériser l'exposition des populations aux substances chimiques ; tester/évaluer les produits substituants ; agents infectieux (et pas seulement au moment où une crise survient) ; santé des écosystèmes (effets des substances sur les écosystèmes).

Nous suggérons plus spécifiquement d'enrichir les connaissances sur les liens de causalité entre l'utilisation de désinfectants et résistances bactériennes aux antibiotiques et, plus globalement, la recherche sur la résistance des bactéries aux antibiotiques dans l'environnement.

La compréhension fortement partagée des interactions entre les sociétés humaines et la biodiversité, nous a conduit à considérer que, pour mieux appréhender les liens entre biodiversité et santé, il y avait **un enjeu pour les sciences sociales** (politique, droit, éthique, sociologie, ethnologie...). Les sciences humaines participent de la compréhension de la biodiversité et de nos relations avec elle. Il faut constituer un langage commun entre les chercheurs des sciences « dures » et sciences humaines, pour pouvoir comprendre et informer sur les liens entre santé et biodiversité. C'est la



---

conséquence pour nous évidente de la notion de socio-écosystème, très prégnante en ville, mais partout présente désormais sur la planète.

Par exemple : comment sont traités et perçus, dans la littérature sur la biodiversité, les moustiques, les tiques ou les microbes et autres agents infectieux ? Comment appréhender la biodiversité qui dérange (les pigeons, les rats, les cafards), celle qui est responsable des maladies, qui est souvent mise de côté dans les discours des associations environnementales

Nous pensons aussi que l'écologie, et en particulier en lien avec la santé, manque de recherche de **calcul économique**. On manque de données économiques : combien coûte le fait de ne rien faire ? On peut citer le calcul récent (Commission nationale des comptes de l'environnement, 2012) qui a permis d'évaluer le coût de la pollution de l'air de 20 à 30 milliards d'euro par an en France. Qu'en est-il de la dégradation des milieux naturels quand on pense aux conséquences sur l'antibiorésistance, les perturbateurs endocriniens<sup>1</sup>, etc. ? Faut-il payer cher pour dépolluer ou faut-il éviter de polluer ? Un médecin a rappelé qu'en France, on jette 50 % des médicaments et que cela coûte 26 milliards d'euros par an.

Il est clair qu'il faut développer les analyses économiques des services écosystémiques en encourageant des études couplées entre économistes de la santé et de l'environnement.

Mais, aussi, il nous paraît indispensable d'approfondir la question du statut juridique des services écosystémiques. Au niveau juridique, la notion de service écosystémique n'a pas aujourd'hui de définition précise. Ce service est-il une propriété constitutive de l'objet producteur (par exemple la fixation de particules fines par une forêt) ? Dans ce cas, le propriétaire de l'objet serait reconnu comme propriétaire de ce service et pourrait donc en disposer comme il l'entend, c'est-à-dire, en particulier, en faire commerce ou y mettre fin. Ce service est-il plutôt un « bien commun » dont le propriétaire est dépositaire mais peut se voir imposer des règles de bonne gestion, comme par exemple une obligation de continuer à le produire, en étant éventuellement indemnisé pour cette servitude.

Enfin, pour mieux préparer l'avenir, se préparer à éviter ou gérer des crises sanitaires environnementales, il nous est apparu urgent de travailler à **construire des scénarios**. Par scénario, nous entendons un discours construit autour des résultats de modèles. On peut ainsi nourrir le débat démocratique, préparer les décisions sur les futurs que nous voulons, ou ceux que nous ne voulons pas. Il s'agit de préparer des choix « raisonnés » (et donc « raisonnables ») concernant notre développement économique et social. On peut élaborer des scénarios basés sur des modèles intégrant le changement climatique, l'usage des terres, etc.

Toutes ces quelques grandes pistes de recherches doivent contribuer à aider les choix de l'action, de politiques publiques.

---

1. Début mars 2015 était publiée une étude d'une vingtaine de chercheurs internationaux pour le compte de la Health and Environment Alliance (<http://www.env-health.org/>), estimant que le coût économique des perturbateurs endocriniens se situaient au moins au niveau de 160 milliards € par an en Europe (voir <http://www.env-health.org/resources/press-releases/article/massive-health-costs-from-edcs>).



## Les éléments pour l'action et les acteurs

Chercheurs et décideurs ont convergé sur cet objectif concret de passage des savoirs partagés vers l'action. Il nous faut **éclairer, par le long terme, les décisions de court terme.**

On peut illustrer cet indispensable passage de la recherche à l'action avec le cas de l'ambroisie.

La recherche a permis de comprendre que l'ambroisie est présente dans des zones à faible biodiversité : friches, bords de route trop fauchés, etc. Elle dégage un pollen très allergène, avec des conséquences fortes en termes de santé publique, de dépenses liées (médicaments, arrêts de travail...). On, a pu ainsi bâtir des plans de lutte, au niveau communal, qui supposent de bien connaître et comprendre les implantations de la plante. Après un diagnostic sur le territoire, on peut développer les outils : fauche (en choisissant les périodes), traitement thermique et surtout, revégétalisation. Les plans sont chiffrés, afin de prévoir les budgets adaptés, et les zones prioritaires d'intervention.

On comprend dès lors l'importance de **la surveillance environnementale** afin d'améliorer la connaissance, d'améliorer les méthodes « à froid » (hors crises). Par exemple, il nous est apparu utile de retravailler les programmes de l'Observatoire de la santé humaine. Plus généralement, il faut capitaliser plus scientifiquement sur le lien entre santé et biodiversité.

Dans des systèmes évolutifs où pathogènes et vecteurs s'adaptent rapidement, il est nécessaire de mettre en place des **observatoires homme-milieu** pérennes et d'étudier ces systèmes par une approche multi-disciplinaire afin de prévenir – quand c'est possible – et gérer l'apparition des risques infectieux.

**Le politique doit s'appuyer sur des éléments scientifiques** en luttant contre le lobbying économique. C'est dans cet objectif que les participants ont convergé pour considérer que le Groupe santé environnement (qui regroupe au niveau national associations, politiques, entreprises, syndicats, etc.) doit devenir le pendant d'une interministérialité mieux construite : pour assurer une co-construction et un suivi des politiques. Plus précisément nous pensons qu'il faut, au sein du GSE, un groupe de travail dédié au lien santé et biodiversité pour suivre ces aspects dans la mise en œuvre du PNSE. Cet organe pérenne aidera à maintenir ce travail en interdisciplinarité.

Mais plus globalement, les politiques de santé publique doivent prendre en compte le lien entre santé et biodiversité, et pas seulement via le PNSE. Et ceci ne ressort pas que du ministère de la Santé.

Notre proposition se fonde sur la conviction de concepts de fond : **la santé est intersectorielle**/les médecins ont besoin des écologues ; **l'écologie est intersectorielle**/les écologues doivent prendre en compte la santé. Au-delà, bien au-delà de la simple protection de la nature, via par exemple des espaces ou des espèces emblématiques, il nous paraît essentiel de se pencher sur l'enjeu du fonctionnement des écosystèmes, en donnant une nouvelle orientation forte aux politiques de biodiversité : gérer durablement des milieux (et c'est donc les gérer aussi pour la santé).

On peut citer par exemple l'importance des sols, de la santé des sols, de sols vivants, d'un bon fonctionnement de l'écologie microbienne des sols, pour une agriculture durable. Notre santé dépend avant tout de ce qu'on mange, donc de l'agriculture. Comment maintenir la biodiversité dans l'agriculture ?

---

Les agriculteurs comprennent bien qu'il faut lutter contre les ennemis des cultures en respectant la biodiversité, et donc, qu'il faut une diversité des modes de productions, une diversité des cultures sur les territoires, etc.

Nous avons évoqué plus haut l'importance de la mobilisation des sciences humaines et sociales pour mieux comprendre, et donc mieux agir. Mais ceci nous a amené naturellement à prôner la plus grande attention) à la « bonne » gouvernance/l'« **empowerment** » des populations et acteurs), Comment donner aux citoyens les moyens de comprendre les enjeux qui les concernent ? Si l'on entend ce que certains intervenants nous ont dit, en considérant qu'il faut admettre que le ressenti de la population n'a strictement aucun rapport avec la morbidité réelle, on saisit l'utilité d'une information compréhensible, non contestable.

La santé est une des préoccupations majeures des familles, mais sans aucun lien avec la biodiversité. Elles ne connaissent pas la biodiversité. Mais le lien avec l'alimentation, le jardin familial, l'eau, est dans les esprits. On sent là les pistes pour mobiliser les citoyens par eux-mêmes, ce qui suppose que scientifiques et décideurs travaillent plus avec les gens : avec les familles (cf. plans « familles à énergie positive »), avec les associations de quartiers, etc. **Il faut des messages de prévention mieux compréhensibles** : étiquetage, éducation, etc.

Il nous semble utile de partager les retours d'expérience, à la suite à des crises sanitaires, avec des débats publics, ou d'informer la population des relations entre alimentation, microbiote et santé. Cet aspect important et novateur permettra également de renforcer l'idée du lien entre santé et biodiversité. Quoi de plus parlant en effet que de constater que son état de santé dépend de la biodiversité présente à l'intérieur même de son propre corps

L'un des ateliers a par exemple traité du cas des zoonoses : la loi agricole de 2011 a permis la mise en place de plusieurs dispositifs dont les conseils d'orientation de la politique sanitaire animale et végétale (au niveau national et régional, créés en 2013), En outre à la demande du ministre de l'Agriculture, un Comité national de la santé publique vétérinaire (CNSPV) va être mis en place, qui doit notamment traiter des zoonoses, les crises récentes comme les plus anciennes, font apparaître des parties prenantes qui pour le moment ne figurent pas dans les dispositifs de la loi d'orientation agricole, à savoir les associations de protection de la nature, et les sociétés nationales naturalistes qui ont vocation à apporter sur la gestion sanitaire des compétences en zoologie, en écologie, et des points de vue sur les valeurs de la biodiversité qui peuvent différer des aspects pris en compte pour défendre les intérêts sanitaires ou économiques. Les dimensions sociales ou écologiques doivent aussi être prises en compte la participation d'experts reconnus dans les domaines de la sociologie, de l'anthropologie, voire de la philosophie (éthique), permettrait de proposer des mesures qui auraient de meilleures chances d'être acceptées par l'ensemble des publics concernés...

Et donc, nous en arrivons à considérer **le territoire comme un enjeu pour mieux traiter du lien entre santé et biodiversité** (ce qu'on peut exprimer *via* des concepts comme : métabolisme écologique et métabolisme social). Pourquoi à un endroit donné, il y a plus de malades, est une question forte, Il faut cartographier les maladies et les états de l'environnement, des milieux. On peut en déduire par exemple des aménagements paysagers urbains, et savoir quoi planter, savoir entretenir en maîtrisant les intrants.

Enfin, tous les intervenants se sont rejoints pour considérer qu'il était donc essentiel de **former** les professionnels de la santé aux enjeux santé/biodiversité, et à la prévention *via* la biodiversité. Nous pensons qu'il faut développer les enseignements de l'écologie et l'évolution dans les cursus de formation.

## En résumé

**Hubert Reeves**, qui nous avait fait l'honneur de participer, nous a alertés : **« Nous menons une guerre contre la nature : si nous gagnons, nous sommes perdus. Il faut réagir ensemble ».**

Au niveau international, le signal est maintenant donné. Pour la première fois, en octobre 2014, une décision a été prise sur le lien entre la biodiversité et la santé lors de la COP XII de la Convention pour la diversité biologique (CDB). La CDB porte sur les espèces, les écosystèmes et les ressources génétiques : ces trois niveaux sont importants pour la santé humaine. Le lien entre santé et biodiversité est considéré comme une question de survie de l'humanité. L'action doit se faire à plusieurs échelles : communautés locales, villes, régions, etc.

Mais... n'attendons pas les décisions internationales ou nationales pour agir ensemble.

### Un colloque utile à l'action

Au-delà de la richesse des échanges et de la qualité des interventions, le colloque « Notre santé dépend-elle de la biodiversité ? » a **permis de réelles avancées sur un sujet majeur**.

Ainsi, pour la première fois, le nouveau Plan national santé environnement (PNSE 3) ouvre le champ des interactions santé/biodiversité et, par ailleurs, la conférence environnementale 2014 a inscrit le sujet à son ordre du jour, la ministre de l'Écologie faisant cette proposition **en référence explicite au colloque**.

Parmi les mesures concrètes, citons :

- ➔ le lancement d'un chantier pour mieux gérer les risques sanitaires liés à des zoonoses (et éviter les « crises » comme celle que nous déplorons concernant les bouquetins du Bary) ;
- ➔ le lancement d'une expertise collective sur l'apport de la biodiversité dans la lutte contre les maladies ;
- ➔ le lancement d'une expertise collective sur les bénéfices qu'apportent les espaces de nature en ville ;
- ➔ un programme de recherche sur l'interface écosystèmes/santé ;
- ➔ la promotion des jardins thérapeutiques ;
- ➔ la demande d'une expertise de l'ANSES sur l'antibiorésistance et les milieux naturels.

Tout cela sera suivi par un groupe de travail « santé et biodiversité » au sein du Groupe national santé environnement qui sera lui même renforcé par des experts de ce domaine. **Humanité et biodiversité assurera la vice-présidence du groupe de travail**. A noter aussi, la création par le ministère de la Santé, d'un groupe de travail « Antibiorésistance et environnement ». Engagés sur le sujet depuis 2011, nous nous félicitons de cette première ouverture concrète au sein des politiques publiques, ce résultat doit sans conteste beaucoup à ce colloque. Humanité et Biodiversité sera d'autant plus vigilante sur le suivi de ces actions.

*Christophe Aubel, directeur d'Humanité et Biodiversité*

---

# DÉCLARATION FINALE

Adoptée lors de la plénière de clôture  
le 28 octobre 2014

À l'issue du colloque national « **Notre santé dépend-elle de la biodiversité ?** » organisé par Humanité et Biodiversité, le Conseil Régional de Rhône-Alpes, VetAgro Sup<sup>1</sup>,

- ➔ Vu l'importance des services rendus par les écosystèmes pour la santé humaine,
- ➔ Au regard des crises sanitaires actuelles (ébola, chikungunya, dengue, ambroisie...) qui montrent l'importance d'une approche interdisciplinaire et la nécessité d'une meilleure compréhension par les décideurs et la population des liens entre la santé et la biodiversité,
- ➔ Considérant la mobilisation internationale autour du concept « One world, one Health », les recommandations fortes du rapport sur « l'état des connaissances sur les liens entre biodiversité et santé humaine » de l'Organisation mondiale de la santé, de la Convention sur la diversité biologique et du programme des Nations Unies pour l'environnement en octobre 2014<sup>2</sup>, ainsi que de l'importante décision de la 12<sup>e</sup> conférence des parties de la Convention sur la diversité biologique à la mi-octobre<sup>3</sup>,
- ➔ Notant avec satisfaction que le projet du 3<sup>e</sup> plan national santé environnement s'intéresse pour la première fois aux liens existants entre la santé et la biodiversité,
- ➔ Au regard des recommandations du rapport du Commissariat général à l'environnement et au développement durable sur « les liens entre santé et biodiversité »,
- ➔ Prenant en compte les résultats des débats de ce colloque.

---

1. Avec le soutien du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, de l'Agence Régionale de Santé de Rhône-Alpes, sous l'égide de l'Organisation mondiale des épizooties, en liaison avec l'Organisation Mondiale de la Santé, en présence d'une représentante du Secrétariat Exécutif de la Convention sur la Diversité Biologique et avec la mobilisation de nombreux chercheurs, en particulier des Universités de Lyon.

2. Les différents chapitres de ce rapport sont téléchargeables sur : <http://www.cbd.int/en/health/stateofknowledge>

3. La recommandation du comité scientifique en vue de la décision de la 12<sup>e</sup> conférence des parties de la Convention sur la diversité biologique est disponible ici : <http://www.cbd.int/recommendation/sbstta/default.shtml?id=13339>

Nous, signataires de la présente déclaration, adressons au Gouvernement et aux parlementaires les recommandations suivantes concernant l'évolution des politiques publiques :

- ➔ Développer la recherche interdisciplinaire (en particulier via des appels à projets) sur les liens entre santé humaine, santé animale et végétale, et biodiversité, et améliorer la fonction d'observation intégrée des facteurs épidémiologiques, environnementaux, socio-économiques de contamination et de biodiversité.
- ➔ Adopter une gestion et une gouvernance, assises scientifiquement et transparentes, des crises sanitaires, notamment liées aux zoonoses.
- ➔ Réaliser, dans les territoires, des cartographies des pathologies en lien avec les facteurs environnementaux d'expositions et, en parallèle, des cartographies de l'état des habitats naturels et des écosystèmes de ces territoires, ainsi que des services qu'ils fournissent.
- ➔ Former les professionnels de la santé humaine, de la santé animale et végétale, et de l'écologie à la compréhension des liens entre santé et biodiversité et en particulier, pour les médecins et vétérinaires, aux conséquences des pratiques de soins sur l'environnement.
- ➔ Réduire les multiples pollutions et contaminations des milieux naturels et de l'environnement qui favorisent la résistance aux anti-infectieux, dont l'antibiorésistance, en particulier la consommation d'antibiotiques à usage vétérinaire et celle d'antiseptiques dans les milieux hospitalier et industriel.
- ➔ Réduire les risques liés aux pesticides en interdisant les cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques certains (CMR1A) et en réduisant les CMR probables (CMR1B), tout en encadrant mieux leur utilisation par la séparation du conseil et de la vente liée aux pesticides.
- ➔ Réduire l'impact des médicaments sur la biodiversité, en encourageant leur soumission complète à la directive européenne « REACH », en menant des actions d'évaluation des effets environnementaux des principales molécules utilisées en France, et en mettant en place un indice classant les médicaments en fonction de leur toxicité, tel que cela existe en Suède.
- ➔ Mettre en place des normes pour mieux intégrer la nature en ville, dans les politiques d'aménagement et d'urbanisme, au regard de ces bienfaits sur notre santé, et généraliser les jardins thérapeutiques dans les établissements de santé.
- ➔ Mobiliser le monde économique et informer l'opinion publique sur le fait que « préserver la biodiversité, c'est préserver notre santé ».

Nous porterons ces recommandations et les traduirons en propositions d'actions lors de la prochaine Conférence environnementale nationale de l'automne 2014, et nous invitons le Gouvernement à les décliner dans la feuille de route pour la transition écologique de 2015. Nous demandons également que soit mis en place un lieu de gouvernance interministériel et interdisciplinaire, afin de poursuivre l'avancée des connaissances sur le lien entre la santé et la biodiversité et l'enrichissement des propositions d'actions dans une démarche de cohérence des politiques publiques.

---

# L'ASSOCIATION

---

## Qui sommes-nous ?

*Humanité et Biodiversité* est une association loi 1901 présidée par Bernard Chevassus-au-Louis. Elle est reconnue d'utilité publique, apolitique et non-confessionnelle, agréée par le ministère de l'Environnement et reconnue représentative pour prendre part au dialogue environnemental.

*Humanité et Biodiversité* est l'héritière de la Ligue Roc créée en 1976, le nouveau nom « Humanité et Biodiversité » voté par l'assemblée générale en 2011, témoigne de la volonté d'agir pour une prise en compte plus large et plus complète des enjeux, en lien avec l'avenir de nos sociétés.

*Humanité et Biodiversité* est dirigée par un conseil d'administration constitué de bénévoles, et animé par une équipe de cinq salariés. Elle est aussi dotée d'un Comité de réflexion composé d'experts aux compétences variées (écologie, juriste, économiste, sociologue...).

*Humanité et Biodiversité* a participé au Grenelle de l'environnement et est partie prenante de la Conférence environnement. Elle est membre du Conseil national de la transition écologique, du Comité de suivi de la stratégie nationale de la biodiversité.

### **Comité de réflexion d'Humanité et Biodiversité**

Bernard Chevassus-au-Louis, <i>co-animateur du Comité</i>	Xavier Leroux Philippe Lévêque
Michel Badré	Virginie Maris
Philippe Cury	Gilles J. Martin
Emmanuel Delannoy	Serge Morand
Olivier Frérot	Gilles Pipien, <i>co-animateur du Comité</i>
Patrick Hubert	Anne-Caroline Prévot-Julliard
Yann Laurans	Patrice Valantin
Jean-Claude Lefeuvre	Maurice Wintz

### **Conseil d'administration d'Humanité et Biodiversité**

Michel Badré	Mireille Delprat
Gilles Bœuf	Jacqueline Denis-Lempereur
Jean-Pierre Bompard, <i>vice-président</i>	Anne-Marie Hallier
Sylvain Boucherand, <i>trésorier</i>	Patrice Hirbec, <i>trésorier adjoint</i>
Nelly Boutinot	Patrick Hubert, <i>vice-président</i>
Bernard Chevassus-au-Louis, <i>président</i>	Nadia Loury
Audrey Coreau, <i>secrétaire générale</i>	Alain Naessens
Emmanuel Delannoy	Gilles Pipien
Bernard Delay	Claude Saunier

### **L'équipe salariée**

Christophe Aubel, <i>directeur</i>
Michèle Deschamps, <i>assistante et responsable administrative</i>
Berdis Auameur, <i>secrétaire administrative</i>
Bernard Labat, <i>chargé de mission, droit et économie de la biodiversité</i>
Justine Roulot, <i>chargée de mission, politiques de la biodiversité</i>

## Notre mission ?

Le principal objet statutaire d'*Humanité et Biodiversité* est de « renforcer la perception et la prise en compte par tous, des synergies et des liens indissociables entre humanité et biodiversité ».

Pour le décliner, *Humanité et Biodiversité* agit notamment pour :

- ➔ favoriser le développement de la biodiversité pour les générations actuelles et futures ;
- ➔ favoriser l'intégration de la biodiversité dans tous les secteurs d'activités, en tenant compte des dimensions économiques et sociales ;
- ➔ inciter à de nouvelles formes de gouvernance et de mobilisation de la société.

## Que faisons-nous ?

### **Proposer des idées pour améliorer la prise en compte de la biodiversité**

Notre mission la plus originale est de faire naître des idées et de contribuer à l'adoption de solutions pratiques, efficaces et équitables pour préserver la biodiversité. Les idées que nous élaborons sont introduites dans le débat public par des publications, des colloques, des participations aux travaux lancés par les pouvoirs publics ou par divers réseaux d'acteurs privés.

### **Contribuer à l'amélioration des politiques publiques**

*Humanité et Biodiversité* participe activement aux travaux lancés par le Gouvernement ou le Parlement pour élaborer stratégies, lois et règlements, elle y est force de propositions et soucieuse de leur élaboration concertée avec tous les acteurs, le dialogue des parties prenantes étant le constant souci de l'association.

### **Inciter et aider chacun à s'engager pour la biodiversité**

Parce que la biodiversité est l'affaire de tous, *Humanité et Biodiversité* développe le réseau « Oasis Nature » pour créer une mosaïque d'espaces favorables à la biodiversité sur tout le territoire. Particuliers et personnes morales peuvent créer leur Oasis. *Humanité et Biodiversité* anime par ailleurs un site internet communautaire pour sensibiliser le plus grand nombre à la réflexion et à l'action.

### **Sensibiliser et faire connaître la biodiversité**

Pour que la société intègre réellement l'importance des enjeux de la biodiversité, il est indispensable de faire progresser la connaissance et la prise de conscience. *Humanité et Biodiversité* s'y emploie par des conférences pour tous les publics, des publications, des partenariats avec des acteurs publics ou des acteurs privés.



## Hors-série « Notre santé dépend-elle de la biodiversité ? »

L'essentiel du colloque des 27 et 28 octobre 2014

Les humains sont partie du vivant, leur microbiote interne fonctionne comme et en lien avec les écosystèmes naturels. Nous sommes dans l'Anthropocène, caractérisée par une crise de la biodiversité et de nouveaux risques sanitaires. Il nous faut **comprendre comment fonctionne la nature pour comprendre comment nous soigner**. Et, Hubert Reeves nous interpelle : **Nous menons une guerre contre la nature : si nous gagnons, nous sommes perdus**. Il faut réagir ensemble.

Le premier colloque scientifique national « Santé et Biodiversité », qui s'est tenu les 27 et 28 octobre 2014 à VetAgro Sup (Marcy l'Étoile / Rhône) a permis de confronter les connaissances et les avis sur les enjeux de santé face à la perte ou la restauration de la biodiversité : « notre santé dépend-elle de la biodiversité ? ». Scientifiques et acteurs publics et privés ont partagé des connaissances et proposé des actions et politiques publiques.

Sur l'initiative et avec le soutien du Conseil régional Rhône-Alpes, ce colloque national scientifique « Santé et Biodiversité » a été organisé par VetAgro Sup et Humanité et Biodiversité, sous l'égide de l'OIE (Organisation mondiale de la santé animale), avec la participation et le soutien du ministère de l'Écologie, du Développement durable, et de l'Énergie, ainsi que de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, de l'Agence régionale de santé Rhône-Alpes et du LabEx Ecofect, pour des regards croisés entre médecins, praticiens de la santé humaine, vétérinaires, praticiens de la santé animale, écologues ; entre scientifiques et acteurs ; entre scientifiques, acteurs et décideurs.

Tenant compte de la récente décision de la conférence des parties de la Convention sur la diversité biologique, qui s'est tenue en Corée jusqu'au 17 octobre 2014, le colloque s'est clos sur une déclaration finale, transmettant des propositions au gouvernement, dans le cadre de la conférence nationale environnementale, tenue fin novembre 2014. Ces propositions ont permis de compléter la feuille de route pour le nouveau Plan national santé environnement (PNSE3) et alimenter la feuille de route 2015 de la transition écologique.

