

ANNALES DES MINES

FONDÉES EN 1794

RESPONSABILITÉ
&
ENVIRONNEMENT

ISSN : 1268-4783
Série trimestrielle • n° 51 - juillet 2008

Rédaction

Minefe, 120, rue de Bercy - Télédock 797,
75572 Paris Cedex 12
Tél : 01 53 18 52 68
<http://www.annales.org>

François Valérian

Rédacteur en chef des *Annales des Mines*

Martine Huet

Assistante de la rédaction

Marcel Charbonnier

Lecteur

Membres du Comité d'orientation

Philippe Saint Raymond

Président du comité d'orientation,
Responsable éditorial
Minefe, Conseil général des Mines

Dominique Bernard

Afite, Président

Paul-Henri Bourrelier

Ingénieur général des Mines, Association française
pour la prévention des catastrophes naturelles

Jacques Brégeon

Collège des hautes études de l'environnement
et du développement durable, ECP, INA P-G,
SCP-EAP

Christian Brodhag

Délégué interministériel au développement durable

Xavier Cuny

Professeur honoraire Cnam, Conseil supérieur
de la prévention des risques professionnels

William Dab

Cnam, Professeur

Daniel Fixari

Ecole des Mines de Paris, Centre de gestion
scientifique

Odile Gauthier

Ministère de l'Ecologie, du Développement et de
l'Aménagement durables, DPPR

Christian Huglo

Avocat

Vincent Jacques le Seigneur

Journaliste

Vincent Laflèche

Ineris, Directeur général

Jean-Luc Laurent

Laboratoire national de métrologie et d'essais,
Directeur général

Yves Le Bars

Cemagref

Patrick Legrand

Inra, Directeur mission environnement société

Benoît Lesaffre

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Conseil
général du Gref

Geneviève Massard-Guilbaud

Ecole des Hautes études en sciences sociales,
Directrice d'Etudes

Laurent Mermet

Engref

Alain Morcheoine

Ademe, Directeur de l'air et des transports

Pierre Frédéric Tenière-Buchot

Consultant environnement

Gilbert Trolly

Administrateur de la chambre syndicale
des industries minières

Eric Vindimian

Ministère de l'Ecologie, du Développement et de
l'Aménagement durables, Service de la recherche et
de la prospective

Membres du Comité de Rédaction

Philippe Saint Raymond

Président du comité d'orientation,
Responsable éditorial
Minefe, Conseil général des Mines

Pierre Amouyel

Ingénieur général des Mines

Paul-Henri Bourrelier

Ingénieur général des Mines, Association française
pour la prévention des catastrophes naturelles

Odile Gauthier

Ministère de l'Ecologie, du Développement et de
l'Aménagement durables, DPPR

Rémi Guillet

Meie, Conseil général des Mines

Jean-Luc Laurent

Laboratoire national de métrologie et d'essais,
Directeur général

Gilbert Trolly

Administrateur de la chambre syndicale
des industries minières

François Valérian

Rédacteur en chef des *Annales des Mines*

Table des annonceurs

✓ Annales des Mines : 2°, 3° et 4° de couverture, pages 4, 6.

Photo de couverture

✓ Famille protégée contre la malaria par un nouveau type
de moustiquaire fabriqué en Tanzanie, août 2004.
Photo © Susan Meiselas/MAGNUM PHOTOS

Abonnements et ventes <http://www.eska.fr>

Editions ESKA
12, rue du Quatre-Septembre, 75002 Paris
Serge Kebabtschieff : Directeur de la publication
Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35
Tarifs : voir bulletin encart vert (*pages 33 et 34*)

Conception

Hervé Lauriot-Prévoist

Iconographe

Christine de Coninck - CLAM !

Publicité

J.-C. Michalon - ECC
44-46, boulevard G. Clemenceau 78200 Mantes-la-Jolie
Tél. : 01 30 33 93 57 - Fax : 01 30 33 93 58

Vente au numéro par correspondance et disponible dans les
librairies suivantes : Guillaume - ROUEN ; Petit - LIMOGES ;
Marque-page - LE CREUSOT ; Privat, Rive-gauche -
PERPIGNAN ; Transparence Ginstet - ALBI ; Forum - RENNES ;
Mollat, Italique - BORDEAUX.

RESPONSABILITÉ

SOMMAIRE

LES INFECTIONS ÉMERGENTES

5 ÉDITORIAL
François VALÉRIAN

7 AVANT-PROPOS
Les maladies infectieuses émergentes, un défi
« global »
Benoît LESAFFRE

Enjeux et état des lieux

15
Les Maladies émergentes : illusion ou réalité ?
Yves COQUIN et Jacques CHEMARDIN

21
Les causes de l'émergence des agents infectieux
Didier RAOULT

25
Évolution des risques infectieux alimentaires
Catherine BOUVIER-BLAIZOT



© Pierre Marchal/LOOK AT SCIENCES



© Chien-Chi Chang/MAGNUM PHOTOS

31
Pouvoir des medias et crise sanitaire majeure
Interview de Xavier EMMANUELLI

35
Le changement du climat peut-il avoir un effet
sur les maladies infectieuses ?
François RODHAIN

Connaissance, surveillance et alertes

42
Histoire et actualité du réseau international
des Instituts Pasteur
Maxime SCHWARTZ

49
La modélisation des épidémies de maladies émer-
gentes : les exemples du chikungunya
et de la pandémie grippale
Pierre-Yves BOËLLE

& ENVIRONNEMENT

Juillet 2008 ◆ Numéro 51

55

Écosystèmes, entomologie et lutte anti-vectorielle
Didier FONTENILLE



© SPL-COSMOS

Actions de terrain et leçons récentes

61

Chikungunya : retour sur une épidémie surprenante et sa gestion
Evelyne FALIP, Marie BÂVILLE, Bernard FALIU et Yves COQUIN

66

Épidémie de chikungunya dans l'Océan Indien 2005-2006. Premiers enseignements
Antoine FLAHAULT

72

Les maladies émergentes animales tropicales. Impacts inattendus de l'influenza aviaire
Emmanuel CAMUS et Renaud LANCELOT



© IP Dakar/INSTITUT PASTEUR

75

Le règlement sanitaire international révisé
Guénaël RODIER

78

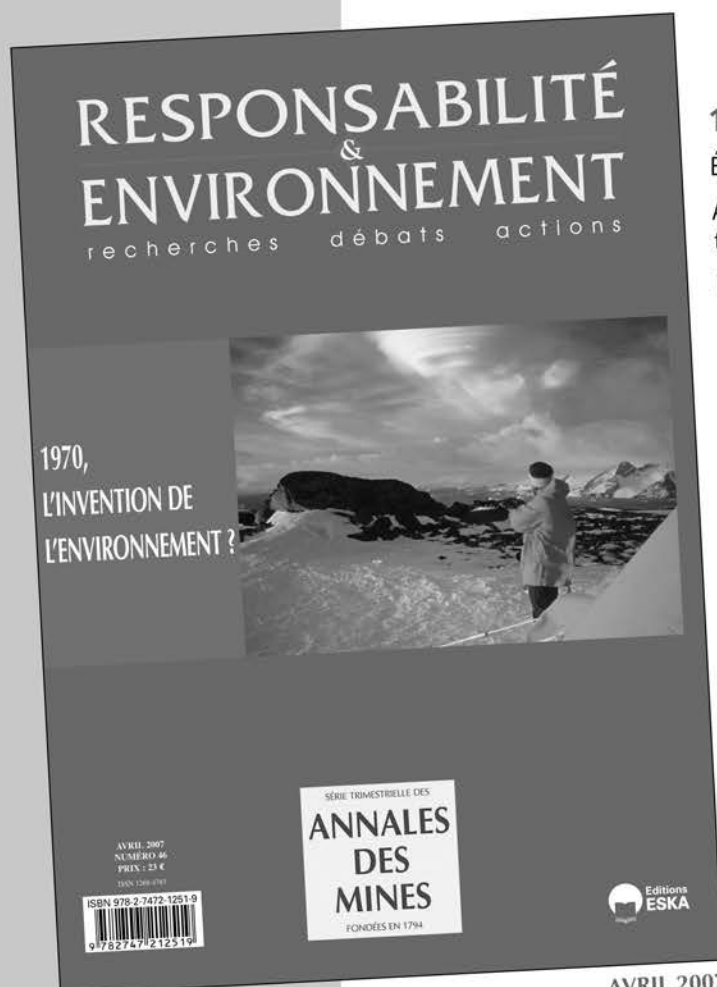
Le Plan de continuité d'activité « pandémie grip-pale » dans les organisations
Laurence BRETON-KUENY et Docteur Sandrine SEGOVIA-KUENY

Le dossier a été coordonné
par *Benoît LESAFFRE*

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

recherches débats actions

SOMMAIRE



1970, L'INVENTION DE L'ENVIRONNEMENT ?

ÉDITORIAL – *François VALÉRIAN*

AVANT-PROPOS : L'environnementalisation et ses empreintes sémantiques en France au cours du XX^e siècle – *Florian CHARVOLIN*

De l'interministériel au ministère de l'Environnement – *Serge ANTOINE*

Naissance d'un ministère – *Robert POUJADE*

L'écologie c'est la planète, et la planète c'est nous – *Brice LALONDE*

Les débuts du ministère de l'Environnement – *Jean-François SAGLIO*

2 rue Royale, en l'an de grâce 1971 – *Dominique MOYEN*

Entre écologie et écologisme : la protection de la nature au Muséum dans les années 1950 – *Florian CHARVOLIN et Christophe BONNEUIL*

De la passion de la pêche à la dénonciation des pollutions. Mise en forme d'une revendication (1958-1978) – *Christelle GRAMAGLIA*

De la catastrophe de Feyzin à la création du CFDE – *Brigitte WOLPIN*

La pensée économique française dans l'invention de l'environnement et du développement durable – *Franck-Dominique VIVIEN*

Les Agences de l'eau et le contexte de la régionalisation – *Bernard BARRAQUÉ*

Quelles leçons les Américains peuvent-ils tirer de l'histoire du mouvement écologiste en France ? – *Michael BESS*

HORS DOSSIER

L'histoire des inspecteurs des installations classées, 1810-2006 – *Laure BONNAUD*

*Le dossier a été coordonné
par Florian CHARVOLIN*

AVRIL 2007
ISSN 1268-4783
ISBN 978-2-7472-1251-9

BULLETIN DE COMMANDE

A retourner aux Éditions ESKA, 12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS

Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35 - <http://www.eska.fr>

Je désire recevoir exemplaire(s) du numéro de Responsabilité & Environnement avril 2007 - numéro 46 (ISBN 978-2-7472-1251-9) au prix unitaire de 23 € TTC.

Je joins un chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA
 un virement postal aux Éditions ESKA CCP PARIS 1667-494-Z

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

Éditorial

Il n'y a pas que des peurs périodiques, dont on constate après coup qu'elles n'étaient guère fondées. On observe aussi, depuis quelques années, des infections émergentes, comme le chikungunya, et ces infections font des victimes.

Les pays développés avaient vaincu un grand nombre de maladies, et les voilà de nouveau confrontés à des épidémies graves, peu ou mal connues. Or, ces infections mettent en jeu plusieurs éléments qui touchent chez l'homme à une conscience d'espèce. Tout d'abord, la plupart des infections se transmettent de l'animal à l'homme, et voici que resurgit la vieille peur d'un animal pas toujours aussi déplaisant qu'un moustique. Ensuite, il semble avéré que ces infections ont un rapport avec les modifications de notre environnement, et notamment avec le changement climatique sans doute causé par l'homme. Enfin, ce sont des infections globales. Comme presque tout aujourd'hui, elles se propagent vite à la surface du globe, et avec elles les rumeurs, l'inquiétude, la méfiance vis-à-vis des pouvoirs.

L'enjeu politique de ces infections est très important. L'inégalité sociale a toujours été forte face à la maladie, car l'accès aux soins est très inégalement distribué entre les pays et à l'intérieur d'un même pays. La surveillance, la prévention, puis la lutte en cas de crise, nécessitent des coopérations interministérielles complexes par nature. Elles nécessitent aussi la coopération entre Etats qui n'ont pas nécessairement la même vue de l'urgence, ni les mêmes priorités en termes de prévention, ou de politiques plus respectueuses de l'environnement.

Ce qui émerge aujourd'hui, au-delà d'infections menaçantes, c'est une santé publique mondiale. A cette santé publique, la gouvernance adéquate fait toujours défaut.

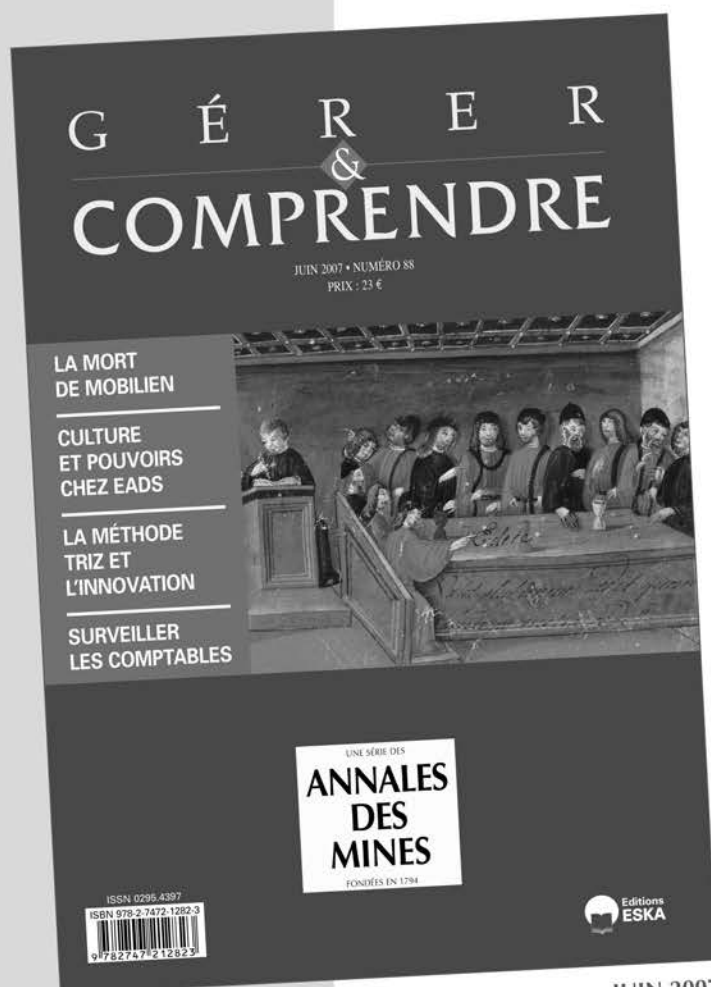
François VALÉRIAN

G É R & E R

COMPRENDRE

SOMMAIRE

- CULTURE ET RELATIONS DE POUVOIR : UNE ANALYSE LONGITUDINALE DU GROUPE EADS
Par Christoph BARMEYER et Ulrike MAYRHOFER
- LA MORT DE « MOBILIEN », OU L'INNOVATION AU RISQUE DE LA CONCERTATION
Par Antonio GONZALEZ ALVAREZ
- LA SURVEILLANCE DES COMPTABLES EN FRANCE (FIN DU XVIII^e SIÈCLE – ENTRE-DEUX-GUERRES) : LE PASSÉ D'UNE NÉCESSITÉ ILLUSOIRE
Par Pierre LABARDIN
- CANDIDE AU PAYS DES COMPTABLES : LES NORMES IFRS RACONTÉES À UN JEUNE
Par Daniel GOUADAIN
- Michel VILLETTE
AUTO PORTRAIT D'UN HOMME D'AFFAIRES « IDÉAL-TYPIQUE »
À propos du livre de Noël Goutard, *L'outsider, Chroniques d'un patron hors norme*, Paris, Village Mondial, 2005
- Arnaud TONNÉLÉ
L'ÉCONOMIE, ENTRE SCIENCE ET INTÉRÊTS
À propos du livre de John K. Galbraith, *Les Mensonges de l'économie – Vérité pour notre temps*, Paris, Grasset, 2004
- Christine BLONDEL
L'INCONSCIENT AU CŒUR DES ENTREPRISES FAMILIALES
À propos du livre de Jacques-Antoine Malarewicz, *Affaires de famille – Comment les entreprises familiales gèrent leur mutation et leur succession*, Paris, Village Mondial, 2006
- LA DÉMARCHE COMPÉTENCES : UNE PRESCRIPTION FACULTATIVE ?
Par Laurent PASCAIL
- LA MÉTHODE TRIZ ET L'INNOVATION DANS LES PME
Par Jean-Claude BOLDRINI



JUN 2007
ISSN 0295-4397
ISBN 978-2-7472-1282-3

BULLETIN DE COMMANDE

A retourner aux Éditions ESKA, 12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS

Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35 - <http://www.eska.fr>

Je désire recevoir exemplaire(s) du numéro de *Gérer & Comprendre* juin 2007 - numéro 88 (ISBN 978-2-7472-1282-3) au prix unitaire de 23 € TTC.

Je joins un chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA
 un virement postal aux Éditions ESKA CCP PARIS 1667-494-Z

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

Avant-propos

Les maladies infectieuses émergentes, un défi « global »

par Benoît LESAFFRE*

« Nous voici à l'aube d'une ère nouvelle où des centaines de millions de personnes vont être enfin à l'abri de quelques-unes des maladies les plus redoutables que le monde ait connues. (...) Toutefois, nous sommes également au bord d'une crise mondiale due aux maladies infectieuses. Aucun pays n'est vraiment en sécurité et aucun ne peut plus ignorer cette menace ». L'Organisation mondiale de la santé (OMS) commence ainsi son *rapport de 1996 sur la santé dans le monde* [1], qu'elle consacre aux maladies infectieuses anciennes et nouvelles. Selon elle, ces maladies sont ensemble la première cause de mortalité prématurée dans le monde, soit alors 17 millions sur un total annuel de 52 millions de décès ; outre le SIDA (syndrome d'immuno-déficience acquise), des maladies nouvelles et très contagieuses, comme la fièvre hémorragique d'Ebola, surviennent à un rythme dans précédent (figure 1 en annexe).

En 2007, l'OMS estime [2] que, depuis 1967, au moins 39 agents pathogènes nouveaux ont été identifiés (figure 2 en annexe), dont les plus récents sont les virus de la fièvre hémorragique Marburg, de la fièvre du Nil occidental et du SRAS (syndrome respiratoire aigu sévère) : ainsi, près d'une nouvelle maladie émergente est apparue en moyenne chaque année ces dernières décennies. L'accroissement démographique, le peuplement de territoires jusque-là inhabités, l'urbanisation rapide, l'agriculture intensive, la dégradation de l'environnement et l'utilisation inappropriée des anti-infectieux ont bouleversé l'équilibre du monde microbien. Dans un monde de plus en plus interconnecté, de nouvelles maladies apparaissent à un rythme sans précédent et ont souvent la capacité de franchir les frontières et de se propager rapidement. L'OMS rappelle également que des menaces séculaires, comme la grippe pandémique, le paludisme ou la tuberculose, continuent de peser sur la santé à cause des mutations, des résistances croissantes aux médicaments antimicrobiens et de la faiblesse des systèmes de santé.

Ainsi, des agents pathogènes totalement nouveaux émergent dans le monde, pendant que d'autres, identifiés de longue date et considérés jusqu'alors comme maîtrisés, voient leur importance s'accroître (voir encadrés 1 et 2). Les maladies liées à ces agents infectieux émergents peuvent avoir des conséquences majeures en termes de santé publique, de sécurité sanitaire, d'équilibre de filières agro-alimentaires et d'échanges économiques.

Encadré 1 - Les maladies infectieuses émergentes et ré-émergentes (MIE)

De nombreuses maladies transmissibles affectent encore lourdement la santé de l'homme, des animaux et des plantes. Elles influent fortement sur les décisions politiques locales, nationales ou internationales alors que les stratégies et les outils spécifiques adaptés à ces fléaux sont peu efficaces ou n'existent pas.

Ces maladies sont de deux types [3, 4] :

- ✓ maladies nouvelles dues à un agent pathogène nouveau, qui diffère des pathogènes existants par sa nature, son mode de transmission, son expression ou son adaptation aux espèces hôtes ; relèvent de ce cas le SIDA en 1983 (25 millions de décès au total), l'influenza aviaire en 1997 (réapparue en 2003, avec 380 cas humains et 240 décès confirmés), le SRAS en 2003 (8 000 décès, coût total de 80 milliards \$ selon l'OMS) ;
- ✓ maladies à priori connues, mais dont l'incidence, la gravité ou l'aire géographique augmentent brusquement, généralement en de courts laps de temps (ainsi le West Nile aux Etats-Unis de 2002 à 2004, et le chikungunya à la Réunion et à Mayotte en 2005 et 2006) ; il peut s'agir de maladies endémiques qui resurgissent dans des populations plus sensibles ou moins surveillées et de l'apparition de formes d'agents pathogènes qui résistent aux traitements.

Les maladies infectieuses émergentes sont majoritairement transmises par la faune, essentiellement sauvage [5, 6]. La figure 3 en annexe illustre les différents cas.

Sur ces maladies infectieuses émergentes et ré-émergentes (MIE), on s'accorde aujourd'hui sur trois grands constats. Le premier est que la plupart des maladies infectieuses sont des zoonoses, c'est-à-dire des maladies animales, microbiennes ou parasitaires, qui se transmettent de l'animal à l'homme et vice versa. En 2004, l'Organisation mondiale de la santé animale-OIE [5] soulignait l'intensité croissante des interactions entre l'homme, l'animal domestique et l'animal sauvage, ainsi que le poids des facteurs liés

au système alimentaire mondial et aux changements des systèmes d'élevage associés, – d'où la nécessité de renforcer les partenariats et la collaboration entre les organisations internationales, et entre les autorités de santé publique et de santé animale. Plus précisément, 335 cas d'émergence de maladies infectieuses apparues entre 1950 et 2004 ont été analysés cette année [6] : 60 % sont d'origine zoonotique, dont 72 % issues de la faune sauvage (SRAS, Ebola...) – cette dernière part augmentant significativement avec le temps ; la moitié des cas, dont nombre de maladies multirésistantes aux antibiotiques, est causée par des bactéries et un tiers provient de la transmission par des insectes vecteurs (« arboviroses » ou maladies vectorielles), tels les moustiques et les tiques ; enfin, l'émergence est fortement corrélée aux facteurs socio-économiques, géogra-

phiques (latitude et pluviométrie) et écologiques (richesse de la biodiversité de la faune sauvage).

Le deuxième constat est la mise en évidence des causes environnementales de l'émergence de ces nouveaux agents, et de leur caractère multiple et cumulatif [7, 8, 9] :

- ✓ modifications de l'écosystème (pollution des eaux et des sols, changements de l'occupation des sols, travaux d'infrastructure, érosion de la biodiversité), qui perturbent la compétition entre les espèces et favorisent le contact entre l'homme et les vecteurs des maladies ;
- ✓ réchauffement climatique, pouvant provoquer des effets sanitaires directs (canicules...) et indirects (accélération des cycles biologiques...)
- ✓ évolution des comportements de la population (mondialisation des échanges et accroissement de la fréquence

Encadré 2 – Les maladies infectieuses humaines : quelques définitions et concepts [d'après 7]

L'origine de la maladie peut être virale, bactérienne, parasitaire, non conventionnelle. Les maladies zoonotiques sont repérées par l'exposant « 1 » et les arboviroses (maladies transmises par des vecteurs comme les moustiques et les tiques) par l'exposant « 2 ».

Agents	Caractéristiques	Exemples
Virus	Les virus sont constitués d'un génome (ADN ou ARN) situé dans une capsidie protéique. Pour se multiplier, ils détournent à leur profit la machinerie de la cellule qu'ils infectent. Les virus à ARN sont susceptibles de muter aisément.	Chikungunya ² Dengue ² Ebola ¹ Encéphalite japonaise ^{1,2} Encéphalomyélite équine ^{1,2} Fièvre de la vallée du Rift ¹ Fièvre de Lassa ¹ Fièvre du Nil occidental ^{1,2} Fièvre jaune ¹ Hantavirus ¹ Hendra ¹ Influenza aviaire ¹ Maladie de Newcastle ¹ Nipah ¹ Orthopoxvirose simienne ¹ Syndrome respiratoire aigu sévère ¹
Bactéries	Les bactéries sont faites d'une seule cellule sans noyau (procaryote) dont le génome est constitué d'ADN. Elles se reproduisent par simple division cellulaire. Certaines bactéries se développent à l'extérieur des cellules alors que d'autres ont une multiplication strictement intracellulaire.	Escherichia coli O157 :H7 ¹ Leptospirose ¹ Pestes ¹ Salmonelloses ¹
Champignons	Les champignons possèdent un noyau entouré d'une membrane qui contient plusieurs chromosomes (eucaryotes) ; ils peuvent être sous forme unicellulaire (levures) ou pluricellulaire (moisissures). Ce sont surtout les micromycètes qui provoquent des pathologies chez l'homme (mycoses)	(Candidoses) (Aspergilloses)
Parasites	Les parasites sont unicellulaires (protozoaires) ou pluricellulaire (vers parasites ou helminthes), à développement intra ou extracellulaire. Ils nécessitent le plus souvent le passage entre plusieurs espèces (appelées hôtes intermédiaires) et par l'environnement pour être infestant et déclencher la maladie	Maladie de Lyme ^{1,2} Cryptosporidioses ¹
Autres	Les agents transmissibles non conventionnels, encore appelés prions	Encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) ¹ , maladie de Creutzfeldt Jacob

et de la vitesse des déplacements locaux et internationaux ; croissance démographique urbaine) ;

- ✓ changement des pratiques agricoles facilitant le transfert d'agents pathogènes entre animaux, et modifications technologiques dans l'industrie agroalimentaire ;
- ✓ perturbations de l'environnement social (famine) ou politique (guerre), qui peuvent conduire à des déplacements massifs de population et favoriser la propagation de maladies.

Le troisième constat partagé réside dans la nécessité d'une action publique comprenant au minimum les composantes suivantes (cf. publications citées *supra* et ouvrages de référence [10, 11, 12]), illustrées par les articles du présent numéro des Annales des mines :

- ✓ le renforcement de la surveillance des maladies humaines et animales et de leur coordination, et l'attention aux populations les plus exposées ;
- ✓ le soutien à la recherche médicale (épidémiologie, mécanismes de transmission des maladies et de franchissement de la barrière d'espèce, vaccins et médicaments adaptés), environnementale (écologie des vecteurs, facteurs du milieu, rôle de la biodiversité), et socio-économique (estimation des coûts, évaluation des politiques, compréhension des comportements) ;
- ✓ l'amélioration de l'hygiène et des politiques de prévention (en matière sanitaire bien sûr mais aussi en ce qui concerne les modes de vie, l'urbanisme et le bâtiment) et de gestion des risques, ce qui, combiné au développement de l'éducation et de l'information des populations et à la formation des personnels de santé et de l'expertise, doit conduire à construire une vraie culture du risque.

On le voit, il s'agit d'intervenir à toutes les échelles spatiales (locales, nationales, régionales, mondiales), et d'associer fortement différentes politiques sectorielles (santé humaine, santé animale, environnement, sécurité civile, éducation, information). Le défi auquel nos sociétés ont à faire face est « global » dans les deux sens du terme : « planétaire », car les maladies ne connaissent pas les frontières, et notre monde est devenu un village global, selon la célèbre métaphore énoncée en 1962 par Marshall McLuhan pour décrire l'essor des médias électroniques ; « intégré », car les efforts à mener doivent mobiliser l'ensemble des acteurs, citoyens, entreprises, pouvoirs publics.

Quelles politiques publiques ?

Dans la sphère des autorités nationales, le ministère chargé de la santé est, à l'évidence, en premier lieu responsable de l'action publique, mais l'approche ne peut qu'être interministérielle. En témoigne l'organisation de la préparation au risque de pandémie grippale en France [13] :

- ✓ cette préparation est confiée au directeur général de la santé (DGS), nommé « délégué interministériel à la lutte contre la grippe aviaire » (DILGA) par le Premier ministre en août 2005 ; la délégation (1) coordonne l'action de l'Etat en mobilisant notamment les ministères chargés de la santé, de l'agriculture, de l'intérieur, des

affaires étrangères et du transport, suit la mise en œuvre des mesures décidées, et veille à la cohérence des actions de l'Etat, des organisations internationales, des organisations non gouvernementales, des collectivités territoriales et des entreprises ;

- ✓ le ministère chargé de la santé pilote le volet « pandémie humaine », constitue les stocks nécessaires à la protection des personnes (vaccins, masques, médicaments antiviraux), définit les stratégies de prise en charge et d'organisation des soins, et informe et sensibilise les Français ; l'Institut de veille sanitaire (InVS) assure les fonctions d'alerte, d'appui scientifique et technique, et d'expertise sur ce volet ;
- ✓ le ministère chargé de l'agriculture est responsable de la gestion de crise sanitaire associée à la détection d'un foyer animal d'influenza aviaire ; l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) assure les mêmes fonctions que l'InVS sur le « volet » animal ;
- ✓ le ministère chargé de l'intérieur veille à la continuité de la vie collective et des activités essentielles à la vie du pays (ordre public, sécurité des personnes et des biens, vie économique et sociale), et fait respecter les mesures prises pour limiter la propagation de l'épidémie ;
- ✓ le ministère des affaires étrangères assure l'information et la protection des ressortissants français à l'étranger et la coopération internationale avec l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (OAA/FAO) et l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) ;
- ✓ le ministère chargé des transports assure le volet logistique et est responsable des touristes français à l'étranger.

Au delà de cet exemple, la complexité et la dynamique de l'émergence de maladies nouvelles amène à s'intéresser, non seulement aux maladies elles-mêmes, mais également aux conditions de leur émergence et de la diffusion des agents infectieux responsables. Le rôle des changements de tous ordres, qui interviennent dans les sociétés et dans l'environnement, fait consensus, de même la méconnaissance des mécanismes et la difficulté d'apprécier les risques associés, avec deux écueils classiques : soit, malgré la faible importance objective en santé humaine, vétérinaire ou agronomique, l'impact est considérable sur l'économie, les mentalités et les peurs collectives ; soit la dangerosité des émergences est sous-estimée (ce qui est souvent le cas lors d'un danger inattendu), et la crise est alors amplifiée.

Or, les crises sanitaires des années 1980 (SIDA ou « *sang contaminé* », « *vache folle* », hormone de croissance, amiante) ont durablement changé le regard sur les dangers, causés ou non par l'action de l'homme, ainsi que la demande aux pouvoirs publics et aux acteurs économiques. Ceux-ci sont attendus sur leur capacité à anticiper et prévenir les risques sanitaires, à organiser l'évaluation des risques, à gérer les crises et à assurer la transparence de la prise de décision. En même temps, la question de la nature des politiques publiques et du débat public s'est transformée. La certitude scientifique et la croyance en un progrès tout-puissant ont fait en partie place à une grande méfiance vis-

à-vis des avancées scientifiques et à la prise en compte des incertitudes dans la prise de décision.

Un changement d'échelle, voire de nature, des politiques publiques est donc nécessaire, et a été amorcé dans notre pays au cours de cette décennie. Ainsi :

- ✓ a émergé le principe de précaution, reconnu dans la Charte de l'environnement adoptée le 28 février 2005, principe qui oblige à agir, même en l'absence de certitudes scientifiques, – ce qui est le cas de certaines maladies émergentes ;
- ✓ le premier Plan national santé environnement (PNSE) 2004-2008, qui constitue l'un des cinq plans de la loi de santé publique d'août 2004, s'inscrit dans les orientations de la Charte de l'environnement (« *chacun a le droit de vivre dans un environnement équilibré et respectueux de la santé* ») ; si les maladies infectieuses émergentes ne sont qu'effleurées dans le rapport préparatoire à ce plan [14], le « *Grenelle de l'environnement* » décide en octobre 2007 [15] que le PNSE 2009-2012 couvrira notamment les nouvelles pathologies et intensifiera la surveillance des risques émergents pour l'environnement et la santé ;
- ✓ la stratégie nationale de développement durable (SNDD), actualisée en novembre 2006 [16], introduit un volet sur les maladies émergentes ; elle sera dorénavant élaborée en concertation multipartite (selon les modalités du « *Grenelle* », c'est-à-dire en associant notamment les ONG) et présentée chaque année au Parlement, ce qui devrait en faire une démarche plus mobilisatrice qu'actuellement ;
- ✓ la création en 2007 d'un grand ministère chargé de l'environnement (*ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire*) qui comprendra cette année une direction générale de la prévention des risques, matérialise l'évolution vers une plus grande intégration des politiques publiques ;
- ✓ de tout ce qui précède, le besoin de recherches est patent ; une des retombées du « *Grenelle* » est d'affirmer un effort de recherche spécifique « *en vue d'améliorer les interfaces entre la santé et l'environnement* », dont « *les méthodes d'évaluation des risques* » ; sur les MIE, les établissements de recherche et les agences sanitaires (comme le soulignent les articles de cette livraison) se mobilisent fortement dans la durée, alors que l'action incitative de l'Etat (via l'Agence nationale de la recherche) débute en 2006.

De même, les textes communautaires incorporent très récemment le sujet des MIE.

- ✓ Depuis le traité de Maastricht signé en 1992, l'environnement est une politique de l'Union européenne. Le cadre actuel est fixé par le 6^e plan d'action environnemental 2002-2012 [17], qui comprend quatre priorités thématiques, le changement climatique, la biodiversité, la gestion durable des ressources et des déchets, et la santé environnementale. Le plan d'action 2004-2010 en faveur de l'environnement et de la santé [18] comprend l'estimation précoce des menaces émergentes et la recherche des facteurs du changement planétaire liés à

l'introduction et à la diffusion de nouvelles maladies chez l'homme.

- ✓ En matière de recherche, également introduite dans les compétences européennes en 1992, les maladies émergentes apparaissent au cours du 6^e Programme cadre de recherche et de développement (PCRD) 2002-2006. Le fait notable est le lancement du projet intégré EDEN (2), dont les objectifs sont de décrire, modéliser et surveiller le fonctionnement des maladies émergentes [19] ; le projet couvre les écosystèmes européens, depuis le cercle polaire au Nord jusqu'au bassin méditerranéen au Sud (avec des liens en Afrique de l'ouest), et prend comme modèles les maladies humaines d'actualité particulièrement sensibles aux changements environnementaux, certaines déjà présentes en Europe (maladies à tiques ou à rongeurs, leishmanioses, fièvre du Nil occidental), d'autres pouvant émerger ou réapparaître (paludisme, fièvre de la vallée du Rift). Parmi les dix grandes priorités thématiques du 7^e PCRD 2007-2013, figure la santé au sein de laquelle les épidémies émergentes apparaissent explicitement comme un sujet nouveau [20].
- ✓ Pour ce qui concerne la santé, l'action communautaire « contribue à la réalisation d'un niveau élevé de protection de la santé ». Le 2^e programme d'action 2008-2013 aborde explicitement la lutte contre les maladies transmissibles [21]. Dans ce cadre, on notera la création en 2005 par règlement européen [22] du Centre européen de prévention et de contrôle des maladies, chargé de mettre en place et de renforcer les systèmes de surveillance sanitaire et d'alerte précoce à l'échelle du continent.

Si l'on tient compte des actions menées au niveau international (voir l'article sur le Règlement sanitaire international), se dessine ainsi progressivement un schéma de politique publique coordonnée, au fur et à mesure de l'arrivée d'événements qui inquiètent la société et qui lui fait redécouvrir des maladies que l'on croyait éradiquées ou appréhender de nouvelles maladies. Par différents regards, les articles du présent numéro décrivent et illustrent les enjeux perçus actuellement, et présentent des actions et interventions récentes.

Notes

* Coordonnateur du dossier, Ingénieur général du génie rural, des eaux et des forêts. Conseil général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux.

(1) Un schéma analogue, à une échelle plus modeste, a été retenu lors de l'épidémie du chikungunya à la Réunion et à Mayotte, avec la mise en place début 2006 d'une cellule interministérielle animée par la DGS et effectuant deux points hebdomadaires avec les autorités locales (par visio-conférence). Dans un domaine différent (le chlordécone aux Antilles, pesticide organochloré persistant), le Premier ministre a de même missionné le DGS en octobre 2007 pour assurer la coordination de l'action interministérielle.

(2) projet 2005-2010 « Emerging Diseases in a changing European environment », coordonné par le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), et associant 49 partenaires dans 24 pays.

ANNEXES

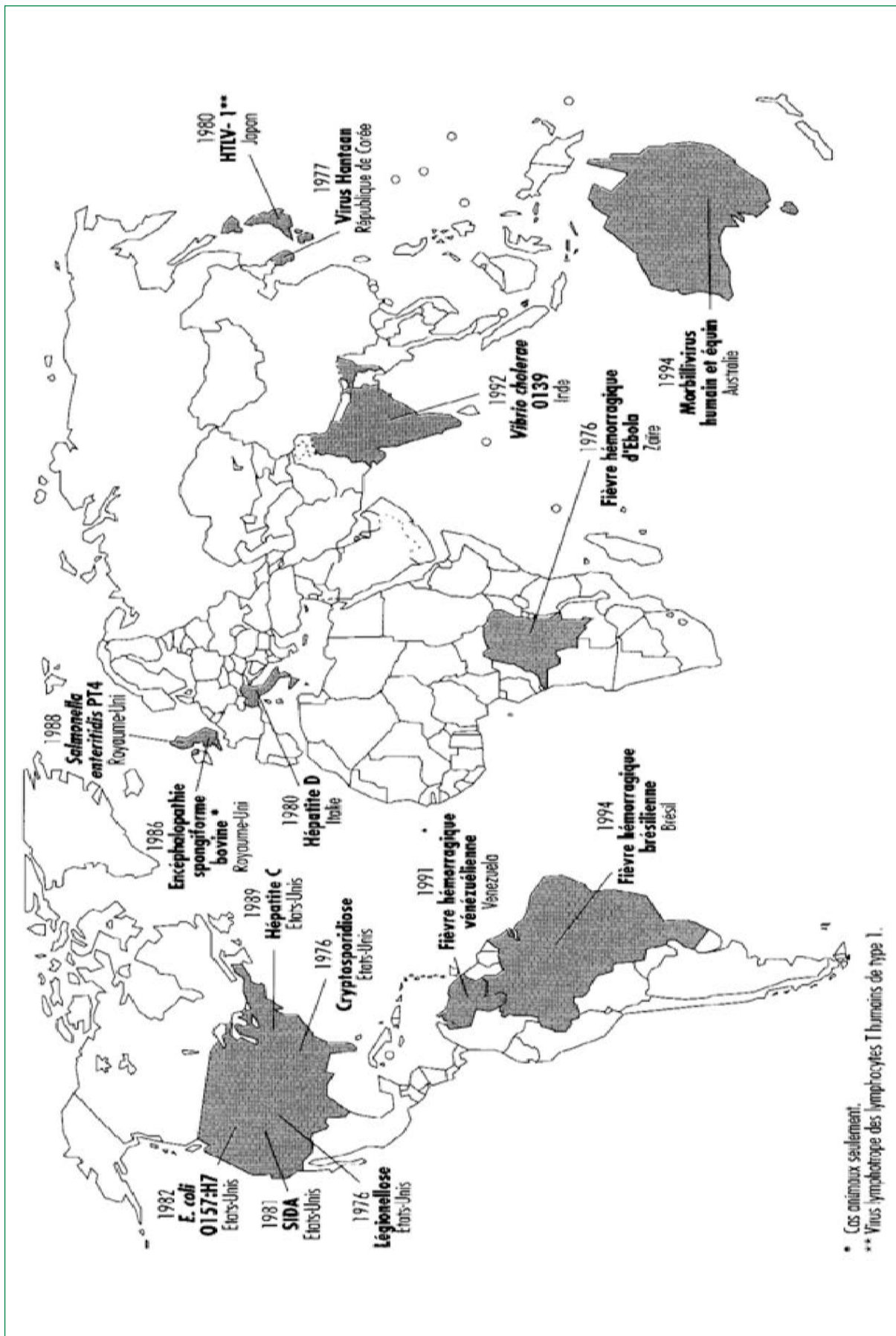


Figure 1. Nouvelles maladies infectieuses chez l'homme et l'animal de 1976 à 1994 [extrait de 1].

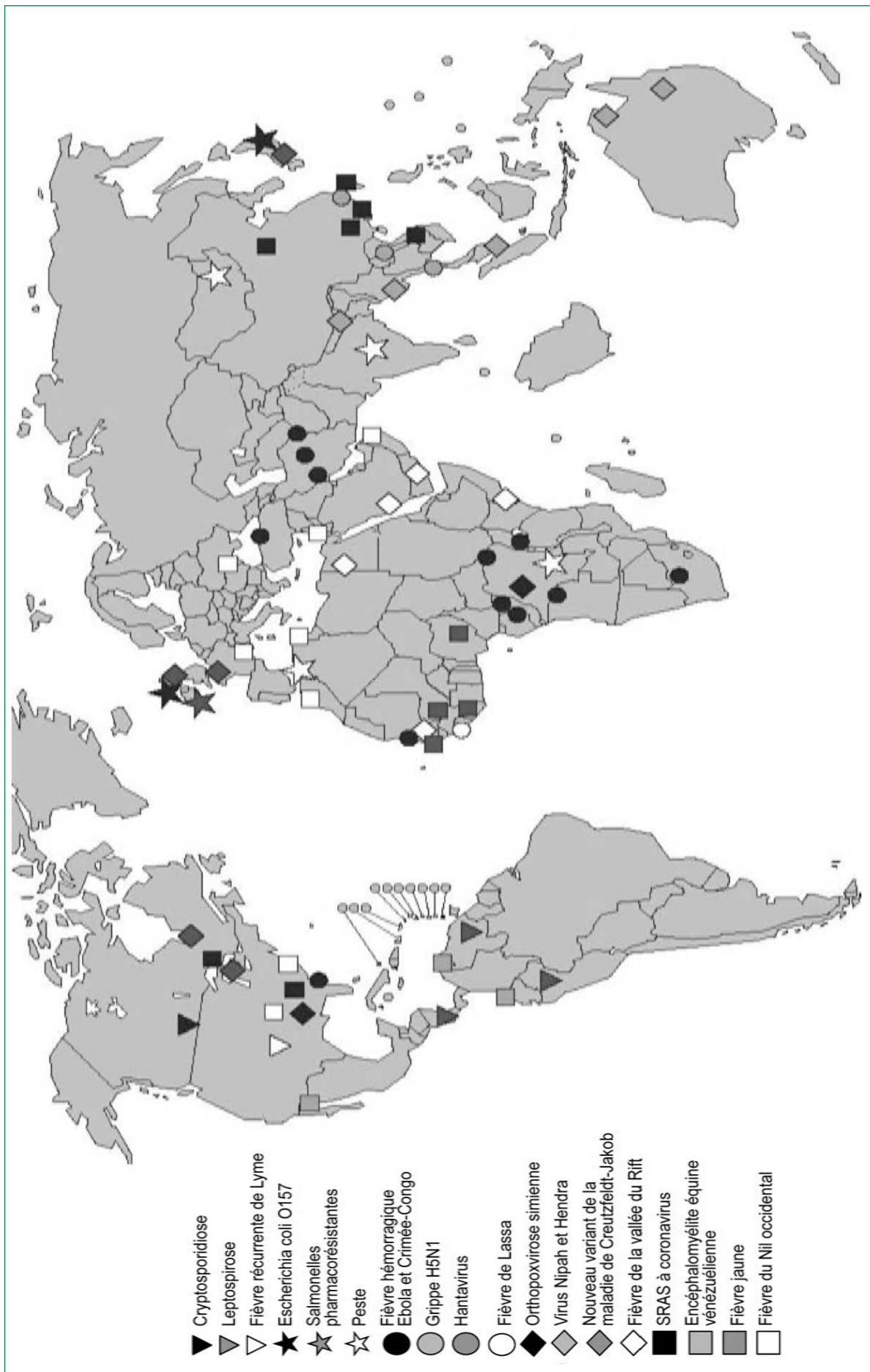


Figure 2. Quelques maladies infectieuses émergentes et réémergentes entre 1996 et 2004 [extrait de 2].

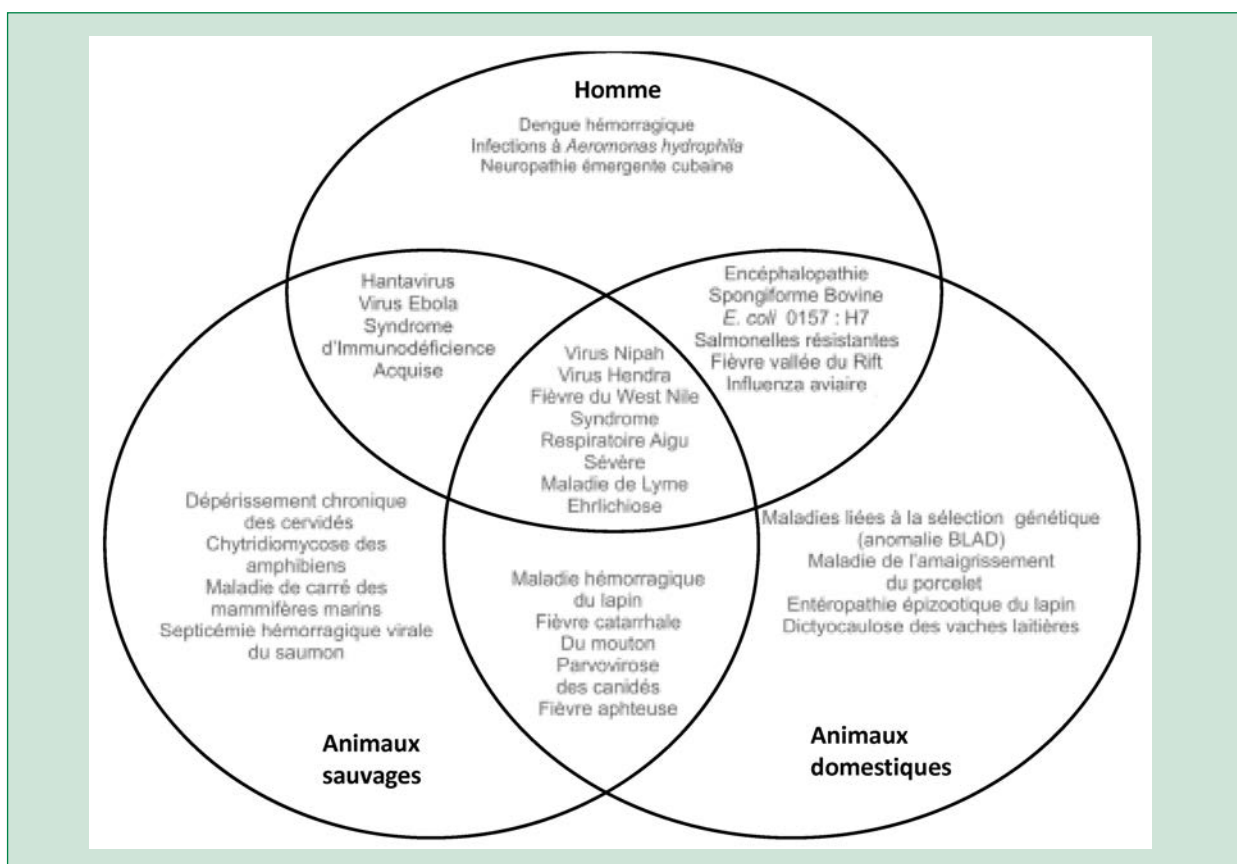


Figure 3. Exemples de maladies émergentes et ré-émergentes au croisement des animaux sauvages, des animaux domestiques et de l'Homme [4].

Bibliographie

[1] OMS, Rapport sur la santé dans le monde, L'état de la santé dans le monde, 148 pages, 1996.

<http://www.who.int/whr/1996/fr/index.html>

[2] OMS, Rapport sur la santé dans le monde, Un avenir plus sûr : la sécurité sanitaire mondiale, 91 pages, 2007.

<http://www.who.int/whr/2007/fr/index.html>

[3] (B.) MURGUE & (V.) ROBERT, La menace des maladies émergentes infectieuses, La Recherche, 406, 15, 2007.

[4] (J.) BARNOUIN & (G.) VOURCH, *Les maladies émergentes : un défi pour le développement durable des productions animales*, INRA Prod. Anim., 17 (5), 355-363, 2004.

[5] (L.J.) KING (éd), Zoonoses et agents pathogènes émergents importants pour la santé publique Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 23 (2), 423-726, 2004.

[6] (K. E.) JONES, (N. G.) PATEL, (M. A.) LEVY, (A.) STOREYGARD, (D.) BALK, (J. L.) GITTLEMAN & (P.) DASZAK, Global trends in emerging infectious diseases, Nature, 451, 990-993, 2008.

[7] AFSSET, Agents biologiques et maladies infectieuses émergentes, 6 p, 2005. <http://www.afsse.fr/index.php?pageid=1260&parentid=619>

[8] ONERC, Changements climatiques et risques sanitaires en France, 207 p, 2007.

http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_ONERC_version_site_27-09-07_-_1.67Mo.pdf

[9] GIEC, Rapport de Synthèse du quatrième Rapport, 37 p, 2007.

http://www.effet-de-serre.gouv.fr/la_synthese_des_rapports_du_giec

[10] (D.) RAOULT, Les nouveaux risques infectieux, grippe aviaire, SRAS et après ? Lignes de Repères, 271 p, 2005.

[11] (M.) SCHWARTZ & (F.) RODHAIN, Des microbes ou des hommes, qui va l'emporter ? Odile Jacob, 346 p, 2008.

[12] (Gérard) ORTH & (Philippe) SANSONETTI, La maîtrise des maladies infectieuses, un défi de santé publique, une ambition médico-scientifique, Rapport sur la science et la technologie n° 24, 440 pages, 2006. http://www.academie-sciences.fr/dossiers/RST24/miC_od1.htm, http://www.academie-sciences.fr/publications/rapports/rapports_html/RST24.htm

[13] <http://www.grippeaviaire.gouv.fr/>

[14] Plan national santé-environnement – Rapport de la commission d'orientation, La Documentation française, 296 p, 2004.

<http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/044000068/0000.pdf>

[15] http://www.legrenelle-environnement.fr/grenelle-environnement/IMG/pdf/Fiche_5.pdf

[16] <http://www.ecologie.gouv.fr/-SNDD-actualisee-.html>

[17] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:242:0001:0015:FR:PDF>

[18] http://ec.europa.eu/environment/health/pdf/com2004416_fr.pdf

[19] <http://www.eden-fp6project.net/>

[20] http://cordis.europa.eu/fp7/health/abouthealth_en.html

[21] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:301:0003:0013:FR:PDF>

[22] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:142:0001:0011:FR:PDF>

Autres références, pour en savoir plus

Fiches sur les maladies infectieuses :

<http://www.pasteur.fr/ip/easysite/go/03b-00000j-0ep/presse/fiches-sur-les-maladies-infectieuses>

Viroses émergentes en Océanie et en Asie du Sud :

http://www.invs.sante.fr/international/notes/viroses_emergentes_270308.pdf

Dossier sur les maladies émergentes : <http://veille.inist.fr/article42.html>

Rapport sur l'évaluation du risque d'apparition et de développement de maladies animales compte tenu d'un éventuel réchauffement climatique, AFSSA, mars 2005, 78 p. :

<http://www.afssa.fr/Documents/SANT-Ra-Rechauffementclimatique.pdf>

Veille internationale à l'InVS, avril 2008, 4 p. :

http://www.invs.sante.fr/international/notes/note_veille_internationale.pdf

Les maladies émergentes : illusion, ou réalité ?

L'implication fréquente d'un agent infectieux nouveau (ou transformé) et la survenue inopinée d'un phénomène imprévisible, l'existence d'un réservoir animal, voire d'un vecteur (qui constitue une variable supplémentaire, indépendante et obéissant à une logique propre), la gravité et l'impact économique et/ou social, l'intervention d'un facteur humain (technologique ou comportemental) sont des éléments, souvent intriqués, qui contribuent à faire émerger une maladie particulière ou à donner un regain d'actualité à une maladie déjà connue.

par Yves COQUIN* et Jacques CHEMARDIN*

La notion d'émergence est à la mode. On parle de pays émergent, d'économie émergente, de risques émergents, de maladies émergentes... Tout, ou presque, semble sujet à « problème » émergent. Que faut-il entendre, par « maladie émergente » ? Cette appellation ne recouvre pas une catégorie nouvelle de maladies mais peut désigner tout phénomène morbide nouveau, ou inhabituel qui sort de nos repères classiques et suscite l'inquiétude quant aux proportions qu'il peut prendre, et donc quant à ses conséquences humaines, sociales, économiques... Le critère de la nouveauté est assez relatif : il dépend en partie de l'éclairage médiatique ou politique projeté sur le phénomène. Il peut certes s'agir d'une maladie entièrement nouvelle (le sida, par exemple), mais il peut s'agir d'un phénomène connu qui prend une tournure inhabituelle (la grippe aviaire, par exemple). C'est ainsi qu'on parle souvent de maladies émergentes ou ré-émergentes, ou même de maladies négligées (surtout quand il s'agit de phénomènes sanitaires que les pays développés ne connaissent pas – ou plus – mais qui restent, dans certains pays, des obstacles majeurs au développement). De même, il ne s'agit pas exclusivement de maladies infectieuses, même si leur potentiel d'extension les rend particulièrement inquiétantes, lorsqu'elles sont nouvelles, notamment en raison du rôle que jouent dans leur diffusion les liaisons aériennes et, de manière plus générale, les mouvements de population.

On comprend aisément que cette appellation parle à l'imaginaire collectif quand on constate le nombre de maladies totalement inconnues (ou parfois seulement rares, mais ignorées) qui ont été projetées sur le devant de la scène au cours de ces trente dernières années : maladie des légionnaires, syndrome d'immunodéficience acquis (sida), maladie de la vache folle, épidémie de mésothéliomes liés à l'amiante, syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS), épidémie de troubles musculo-squelettiques en milieu de travail, chikungunya...

Pourtant, même si l'appellation est portée par un effet de mode (dont nous tentons d'analyser plus loin les ressorts), le fait qu'une maladie surgisse du néant pour s'attaquer à l'es-

pèce humaine n'est pas un fait nouveau. Ainsi, l'archétype – le prototype, en quelque sorte – des maladies émergentes fut (et reste encore) la peste. En étudiant les modifications génétiques qui ont conduit le bacille de la peste (*Yersinia pestis*) à se distinguer de son ancêtre peu pathogène (*Yersinia pseudotuberculosis*), des chercheurs du laboratoire national de référence de l'Institut Pasteur ont démontré, en lien avec des chercheurs américains, que *Yersinia pestis* avait acquis sa virulence il y a environ 7500 ans, à la suite d'une infection par un virus (bactériophage). Ce bacille, qui est l'un des agents pathogènes les plus redoutables pour l'espèce humaine peut provoquer de larges flambées épidémiques (1), qui s'éteignent spontanément. Même si le développement de l'hygiène, l'essor économique et la généralisation de l'usage des antibiotiques ont fait reculer le risque, il est loin d'avoir disparu : plusieurs poussées épidémiques ont été observées ces 20 dernières années dans divers pays d'Afrique, d'Asie du Sud-est et même au Pérou, produisant au total plusieurs dizaines de milliers de cas (environ 40 000).

La peste réunit ainsi beaucoup des ingrédients de la maladie émergente : acquisition soudaine d'une virulence nouvelle, réservoir animal (rongeurs) et insecte vecteur (puce) non entièrement maîtrisables, flambées épidémiques imprévisibles et erratiques, et mortalité importante.

Le panorama (qui suit) des maladies émergentes les plus marquantes, tente d'en faire apparaître les principales caractéristiques, et les principaux enseignements qu'on peut en tirer.

La grippe aviaire

Le risque représenté par une pandémie grippale peut être rapproché du modèle de la peste et l'on comprend qu'il fasse l'objet d'une mobilisation importante de la part de nombreux États. Les oiseaux représentent le principal réservoir des virus grippaux (de type A) qui ont, pour les différentes espèces d'oiseaux, un pouvoir pathogène très variable (certaines espèces peuvent les héberger plus ou

moins longtemps et les excréter, tout en ne présentant que peu de troubles, voire aucun). Les virus aviaires n'ont pas la capacité de contaminer l'homme (sauf de manière exceptionnelle), car leur affinité pour les récepteurs de cellules de l'arbre respiratoire de l'homme est très faible. Certains virus grippaux sont cependant capables d'infecter les mammifères, dont l'homme. Ils sont ainsi responsables d'épidémies saisonnières, vis-à-vis desquelles des vaccins mis au point chaque année (en fonction de la nature des souches circulantes) procurent une protection assez élevée.

Tous les virus grippaux ont un potentiel de mutation élevé. Ces mutations peuvent consister en des recombinaisons génétiques complexes (« shifts ») conduisant à l'apparition subite d'un nouveau sous-type de virus, vis-à-vis duquel la population ne possède ni immunité naturelle, ni vaccin efficace. Ces nouveaux sous-types peuvent provoquer des pandémies, comme celles de 1958-1959 (grippe « asiatique ») ou de 1968-1969 (grippe « de Hong Kong »), responsables – chacune – d'environ un million de morts, dans le monde.

Mais des mutations ponctuelles (« drifts ») peuvent aussi conduire à l'adaptation soudaine d'un virus aviaire à l'homme. C'est ce qui s'est produit, dans les années 1918-1920, lors de la pandémie de grippe « espagnole » (née, en réalité, aux États-Unis), qui a causé la mort d'un nombre de personnes évalué entre 50 et 100 millions dans le monde. C'est un phénomène de ce type que l'on redoute, depuis 1997, avec l'isolement à Hong Kong d'un virus A/H5N1 hautement pathogène et progressivement responsable d'une épizootie majeure, qui a touché de façon massive les élevages de volailles dans toute l'Asie, en Afrique, au Moyen-Orient et (à un moindre degré) dans certaines régions d'Europe. Même si la transmission à l'homme reste exceptionnelle (379 cas depuis 1997, dont 239 cas mortels recensés, début avril 2008), c'est la persistance d'une épizootie de cette ampleur qui accroît le risque de survenue d'une mutation susceptible de causer une pandémie plus ou moins meurtrière.

Cette épée de Damoclès (ou, si l'on préfère une métaphore plus conforme à l'air du temps, cette grenade prête à être dégoupillée...) a conduit plusieurs pays à élaborer des stratégies de prévention et de maîtrise de l'épidémie, qui reposent (schématiquement, de façon générale) sur des mesures sociales (concernant tout autant les élevages que les contacts interhumains), des mesures d'hygiène renforcées et l'utilisation raisonnée de masques et d'antiviraux. La grippe reste donc une maladie émergente (ou prête à ré-émerger) et les inquiétudes concernant cette menace d'explosion pandémique subsisteront tant qu'un vaccin « universel » n'aura pas été mis au point (le développement d'antiviraux risque de se heurter longtemps encore à la capacité de mutation de ces virus, conduisant à leur rapide acquisition de résistances).

Le syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS)

La problématique de la grippe aviaire nous amène à évoquer l'épidémie de syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS)

qui a débuté, à bas bruit, en novembre 2002 dans une province du Sud de la Chine, avant de se révéler (en février 2003) sous la forme de deux foyers (à Hong Kong et à Hanoi) et de diffuser ensuite dans une trentaine de pays (dont la majorité n'ont pas connu de cas secondaires sur leur territoire). L'hypothèse d'une grippe aviaire a bien été initialement évoquée, mais il s'est rapidement avéré (en mars 2003) que le germe responsable était, en fait, un coronavirus présent dans diverses espèces de rongeurs, parfois vendus sur les marchés du Sud de la Chine comme viande de boucherie. L'épidémie a fini par s'éteindre grâce aux mesures barrières mises en place un peu plus tard, après quelques soubresauts de faible amplitude liés à des contaminations de laboratoire. Le bilan a fait état de plus de 8 000 cas, avec plus de 800 décès (dont un pourcentage important parmi le personnel soignant). La contagiosité particulière de cette infection a pu être rapportée à une mutation du virus l'ayant rendu plus affine (d'un facteur x 1 000) pour son récepteur cellulaire humain (qui n'est autre que l'enzyme de conversion de l'angiotensine II).

La légionellose

La maladie dite « des légionnaires » représente en quelque sorte le 'coup d'envoi' des maladies émergentes à l'époque contemporaine. On se rappelle qu'une épidémie mystérieuse avait touché de nombreux participants (près de 200) d'une réunion d'anciens combattants à Philadelphie (aux États-Unis), au cours de l'été 1976. Cette épidémie, au cours de laquelle aucun germe n'avait pu être mis en évidence, avait causé une mortalité importante (supérieure à 15 %). L'enquête épidémiologique a démontré l'extraordinaire efficacité des méthodes et des laboratoires des Centers for Diseases Control (CDC) d'Atlanta : en quelques semaines seulement, une bactérie inconnue jusqu'alors était retrouvée sur les coupes histologiques des prélèvements pulmonaires des malades décédés, un milieu de culture spécifique était mis au point (le germe, très exigeant, ne poussant pas sur les milieux habituels), sa sensibilité aux antibiotiques était déterminée, enfin, sa présence était mise en évidence dans le système de climatisation de l'hôtel où avait eu lieu la réception, seul point commun entre tous les malades. Une nouvelle espèce bactérienne était identifiée : *Legionella pneumophila*. Les malades avaient été contaminés en respirant pendant des périodes de temps prolongées (plusieurs heures) des microgouttelettes d'eau contenant le germe, émises par le système de climatisation. On s'aperçut peu après que si le tableau d'infection pulmonaire aiguë constituait bien une entité nouvelle, les recherches menées dans diverses sérothèques permettaient de rattacher à ce germe la responsabilité d'épisodes de cas groupés d'une fièvre inexplicable, d'évolution bénigne, comme celui observé à Pontiac (aux États-Unis), huit années auparavant.

Mais le succès (si l'on peut dire) de la maladie des légionnaires tient à une conjonction entre les caractéristiques du germe et l'essor des technologies de climatisation. Le germe s'est en effet avéré commun dans les sols et dans l'eau, et avoir la particularité de se multiplier entre 25°C et

50°C, ce qui explique qu'il soit fréquemment retrouvé dans les réseaux d'eau, et en particulier d'eau chaude. Le développement de la climatisation (climatiseurs, tours aéroréfrigérantes...) et de la balnéothérapie, tant en établissement (thermes en particulier) qu'à domicile (bains à jets, jacuzzis, spas...) a favorisé la montée en puissance de cette maladie, aujourd'hui mieux reconnue et mieux traitée et dont la mortalité a été réduite (tout en demeurant non-négligeable : on dénombre actuellement environ 1 500 cas par an, en France, et cette incidence est probablement sous-estimée de moitié). Bien que non contagieuse, cette maladie présente un risque de survenue de cas groupés chez des

extrêmement large, notamment dans le bâtiment. Malheureusement, cette substance s'est révélée fortement cancérigène ; elle est responsable de tumeurs malignes de la plèvre, les mésothéliomes (quasi spécifiques d'une exposition à l'amiante), ainsi que de cancers broncho-pulmonaires. Cet effet cancérigène s'exprimant de façon très retardée par rapport à l'exposition (30 ans en moyenne), c'est principalement à partir du début de la décennie 1990 que l'augmentation de l'incidence des mésothéliomes a été nettement perceptible et, bien que l'amiante ait été interdite en 1997, cette augmentation continuera à croître jusqu'en 2020. A cette date, on estime que le nombre cumulé



© SPL-COSMOS

L'archétype des infections fut et reste encore la peste (Peste à Londres, 1625).

victimes ayant été exposées à une même source de contamination (ce risque explique sans doute que la presse se fasse encore souvent l'écho des contaminations, quand bien même cette maladie pourrait être considérée désormais comme banalisée, avec le recul du temps).

Une « épidémie industrielle » : l'asbestose

La promotion épidémique d'une maladie due au développement des technologies nouvelles évoque aussitôt l'épidémie industrielle de mésothéliomes provoquées par l'amiante. L'amiante est une substance minérale dotée de propriétés exceptionnelles (en particulier de résistance au feu), ce qui a amené à l'employer dans l'industrie de façon

de décès par mésothéliome en Europe dépassera les 200 000. Les cancers dus à l'amiante – consécutifs principalement (mais non exclusivement) à des expositions professionnelles – méritent donc bien d'être considérés comme des maladies émergentes, au plein sens de ce terme.

L'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB)

Le rôle des technologies industrielles est également perceptible dans l'apparition de l'épizootie d'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB), encore appelée « maladie de la vache folle ». Cette maladie était jusqu'alors inconnue, bien qu'il ne soit pas exclu qu'elle ait pu exister, chez cette espèce, à l'état spontané, mais avec une incidence très faible ;

elle pourrait ainsi être l'équivalent, pour l'espèce bovine, de la maladie de Creutzfeldt-Jakob (MCJ) décrite dans l'espèce humaine (2). Bien que l'épidémie d'ESB soit directement liée – sans aucun doute possible – à l'utilisation de farines de viande et d'os dans l'alimentation des ruminants, l'origine précise en reste inconnue. On a évoqué initialement une transmission de la scrapie du mouton à l'espèce bovine, mais la caractérisation physico-chimique de l'agent de l'ESB ne permet pas d'étayer cette hypothèse. D'autres hypothèses ont été avancées, dont la responsabilité du recyclage de carcasses de bovins infectés. Il semble toutefois qu'une modification du procédé de fabrication des farines de viande et d'os, au Royaume-Uni (avec notamment la suppression de l'étape d'extraction des graisses au moyen de solvants organiques) ait été le facteur technologique déclenchant.

L'épizootie a pris au Royaume-Uni une ampleur considérable, puisque 185 000 bovins ont été officiellement reconnus atteints, depuis l'identification de la maladie, en 1986 (avec des pics annuels atteignant les 35 000 cas, en 1992-1993). Mais certains spécialistes estiment que plus d'un million de bovins atteints sont entrés dans la chaîne alimentaire avant que des mesures de protection efficaces n'aient été prises. En raison de l'exportation des farines de viande et d'os, d'autres pays ont été touchés, dont la France, mais à un moindre degré et, compte tenu des mesures progressivement prises, cette épizootie est aujourd'hui en voie d'extinction (67 cas en 2007 au Royaume-Uni et 9 en France).

L'intérêt qu'elle a suscité ne provient non seulement de son impact économique considérable mais – surtout – de sa possible transmission à l'homme, qui a été reconnue en mars 1996 et qui revêt l'allure d'une forme particulière de MCJ (on parle de variant du MCJ ou, en abrégé, vMCJ). Ceci a donné lieu à des projections alarmantes, dans un premier temps. En réalité, avec le recul, la transmission à l'homme apparaît limitée (166 personnes atteintes au Royaume-Uni au 31 décembre 2007, et 23 en France) et l'analyse de la courbe épidémique permet d'être rassurant (1 cas attendu pour l'année 2008, au Royaume-Uni). Toutefois, même si le nombre des cas avec expression clinique reste très limité, il n'est pas exclu (du fait de l'incubation de cette maladie, qui peut durer plusieurs dizaines d'années) qu'un nombre plus important de personnes soient porteuses de l'agent pathogène, qu'elles seraient alors susceptibles de transmettre lors de procédures de soins, cet agent étant particulièrement malaisé à éliminer et à inactiver lors du nettoyage et de la désinfection/stérilisation des dispositifs médicaux. Ce sujet est d'autant plus sensible que les encéphalopathies spongiformes sont, de manière générale, des affections constamment fatales, pour lesquelles on ne dispose d'aucun traitement. En outre, les cas de vMCJ sont apparus dans le sillage d'une épidémie iatrogène de MCJ provoquée par l'administration (entre le début des années 1960 et la fin des années 1980) à des enfants présentant un nanisme lié à une insuffisance antéhypophysaire, d'hormone de croissance extraite d'hypophysés de cadavres.

Ces éléments se sont réunis pour faire des encéphalopathies spongiformes et de la MCJ en particulier une maladie émergente, malgré son identification déjà ancienne (1920) et sa très grande rareté. Et il est vrai que l'ESB, via le vMCJ, laisse planer dans le domaine des soins un risque faible mais particulièrement grave qui a conduit à développer le recours à des dispositifs médicaux à usage unique et à adopter des procédures plus contraignantes, tant pour les opérations de nettoyage-désinfection/stérilisation des dispositifs médicaux que pour le don de sang et d'organes (3).

Le syndrome d'immunodéficience acquise (Sida)

Nous ne nous étendrons pas sur le syndrome d'immunodéficience acquise. Maladie incontestablement nouvelle lors de sa découverte en 1981 par le système américain de surveillance des maladies, constamment fatale, elle a bouleversé l'opinion publique à la fin du XX^e siècle. Fait exceptionnel, elle a provoqué très tôt une véritable coalition des associations de soutien aux malades, des chercheurs et des professionnels de santé, qui a permis, dans une large mesure, d'éviter l'exclusion sociale des personnes atteintes et qui a conduit assez rapidement à l'identification du virus responsable (HIV), à une compréhension des mécanismes de sa pathogénicité et à la mise au point de médicaments dont l'efficacité, bien qu'encore relative, ne cesse de croître. Ces progrès ont eu pour résultats, certes encore insuffisants, un allongement de la durée de vie des personnes atteintes et une amélioration substantielle de leur qualité de vie.

Son origine n'est pas encore parfaitement élucidée, bien que l'origine simienne du virus soit acquise et qu'on en ait retrouvé rétrospectivement la trace dans l'espèce humaine, à partir de la fin des années 1950, sous la forme de cas isolés, dont le diagnostic a pu être établi *a posteriori*. La transformation épidémique a résulté de facteurs humains (comportements sexuels particuliers, usage de drogues par voie intraveineuse, pratiques de soins à risque). Cette maladie s'est désormais durablement implantée dans l'espèce humaine et elle pose un problème de santé publique d'importance majeure (30 millions de morts dans le monde depuis 1981, 11 000 nouveaux cas et 8 000 décès par jour ; certains pays d'Afrique voient leur population littéralement décimée).

Le chikungunya

Le virus du chikungunya – dont presque personne ne se souciait jusqu'alors – a été responsable en 2005-2006 d'une épidémie sans précédent dans l'île de La Réunion, qui a pris tout le monde au dépourvu et qui a touché près de 40 % de la population (266 000 personnes ; voir l'article consacré à cette épidémie en particulier, dans ce même numéro). Cette maladie, connue depuis longtemps (1952) tant sur le continent africain (où, dans certains pays, la majorité de la population possède des anticorps, témoins d'une infection ancienne) que dans le Sud de l'Asie, est due à un arbovirus. Elle était considérée comme bénigne, quoique parfois assez

invalidante, en raison de douleurs articulaires à évolution prolongée. L'épidémie a débuté fin février 2005 sur un mode mineur, et elle a connu une croissance exponentielle à partir de la fin 2005, année où quelques formes graves (neurologiques, néonatales) sont apparues, qui ne remettent toutefois pas en cause le pronostic favorable de la maladie, dans la majorité des cas.

Des études virologiques ont montré que le virus avait subi plusieurs mutations, dont l'une a modifié une protéine de son enveloppe jouant un rôle important dans l'attachement du virus à l'épithélium digestif du moustique. Ces études ont aussi montré que cette mutation avait renforcé la « compétence vectorielle » d'un moustique présent à La Réunion (*Aedes albopictus*). Cette mutation a donc probablement joué un rôle majeur dans l'explosion de l'épidémie, fin 2005.

Le point de départ avait été une personne revenue d'un voyage en Inde, au mois d'août.

Il est trop tôt pour dire si le chikungunya replongera dans l'oubli (ou l'indifférence...) après avoir ainsi émergé au début 2005, mais il convient de rester prudent, car des viroses connues – comme la dengue et la fièvre due au virus du Nil occidental se développent fortement dans le monde, depuis quelques années (4).

Autres maladies émergentes (ou en recrudescence)

La liste que nous avons ébauchée n'est bien sûr pas exhaustive (5), et de nombreuses maladies pourraient être considérées comme émergentes.



© Chien-Chi Chang/MAGNUM PHOTOS

L'épidémie de SRAS a fini par s'éteindre grâce aux mesures barrières mises en place (transport en commun, Taïwan).

L'épidémie a gagné progressivement l'ensemble de l'Océan Indien, puis le continent indien lui-même. La présence du vecteur aux Antilles françaises et en Guyane, ainsi que sur le littoral méditerranéen (en Italie et en France) a conduit à mettre en place une surveillance entomologique renforcée dans ces régions et des mesures anti-dissémination, notamment une information soignée des personnes de retour d'une zone où l'épidémie était active. Malgré cela, un foyer d'une centaine de cas est apparu au Nord de l'Italie (dans la région côtière de Ravenne), à la fin de l'été 2007,

S'agissant de maladies infectieuses, on oublie trop souvent que la tuberculose reste une maladie d'actualité, en dépit d'une baisse régulière, mais lente, de son incidence (plus de 5 000 cas déclarés en 2005, mais il faut tenir compte d'une sous-déclaration probable). La croissance des souches résistantes hors de nos frontières indique que la tuberculose peut, à tout moment, devenir une maladie ré-émergente.

Concernant d'autres types de maladies, la maladie d'Alzheimer, qui va devenir un boulet pour nos sociétés dans

les décennies à venir, mériterait parfaitement ce qualificatif. Par ailleurs, les maladies dites rares (ou orphelines) pourraient aussi être présentées comme des maladies émergentes, non que leur incidence soit en train de croître, mais parce qu'elles ont été mises en lumière à plusieurs reprises ces dernières années par diverses opérations médiatiques et parce qu'elles bénéficient d'une volonté politique d'accroître les efforts de recherche à leur sujet, d'en faciliter le diagnostic précoce et d'améliorer la prise en charge de leur traitement (cf. le plan national prévu dans le rapport annexé à la Loi du 09 août 2004 relative à la santé publique).

Enfin, les maladies liées à l'environnement sont l'objet de préoccupations croissantes dans l'esprit de nos concitoyens. Ainsi des intoxications par le monoxyde de carbone, du saturnisme infantile et, bien qu'il ne s'agisse pas d'une maladie à proprement parler, mais plutôt d'un risque émergent, d'un excès de mortalité, désormais bien établi, lié à la pollution atmosphérique : autant de dangers, souvent mis en exergue par les médias.

Bilan

Quelle leçon peut-on retirer, et retenir, de cet inventaire ? L'implication fréquente d'un agent infectieux nouveau (ou transformé) et la survenue inopinée d'un phénomène imprévisible, l'existence d'un réservoir animal, voire d'un vecteur (qui constitue une variable supplémentaire, indépendante et obéissant à une logique propre), la gravité et l'impact économique et/ou social, l'intervention d'un facteur humain (technologique ou comportemental) sont des éléments, souvent intriqués, qui contribuent à faire émerger une maladie particulière ou à donner un regain d'actualité à une maladie déjà connue.

Cependant, face à une telle diversité de situations, on est en droit de se demander si cette notion d'émergence, considérée comme une caractéristique propre à la maladie, ne reflète pas davantage (pour nos sociétés qui se considèrent à l'abri derrière les progrès de la médecine et une couverture vaccinale polyvalente) un refus d'admettre que les problèmes auxquels elles sont confrontées sont rarement réglés une fois pour toutes et qu'elles sont engagées dans un processus d'évolution perpétuelle (et donc confrontées à des phénomènes nouveaux, que les progrès des connaissances scientifiques ne feront que mettre chaque jour davantage en lumière).

Ceci conduit à rappeler la vision prophétique de Charles Nicolle, qui écrivait, dans son ouvrage « Naissance, vie et mort de maladies infectieuses » paru en 1930 : « Il y aura donc des maladies nouvelles. C'est un fait fatal. Un autre fait, aussi fatal, est que nous ne saurons jamais les dépister dès leur origine. Lorsque nous aurons notion de ces maladies, elles seront déjà toutes formées, adultes pourrait-on dire. Elles apparaîtront comme Athéna parut, sortant tout armée du cerveau de Zeus. Comment les reconnaitrions-nous, ces maladies nouvelles, comment soupçonnerions-

nous leur existence avant qu'elles n'aient revêtu leurs costumes de symptômes ? Il faut bien se résigner à l'ignorance des premiers cas évidents. Ils seront méconnus, confondus avec des maladies déjà existantes et ce n'est qu'après une longue période de tâtonnements que l'on dégagera le nouveau type pathologique du tableau des affections déjà classées ».

Charles Nicolle avait même prédit qu'il serait très difficile d'éradiquer des maladies ; pourtant, l'exemple de la variole, mais aussi ceux de la poliomyélite et de la rougeole (qui sont des maladies sans réservoir animal et dont l'éradication est à portée de main si l'on veut s'en donner la peine), ouvrent des perspectives réconfortantes. De même, le développement des outils épidémiologiques et de la modélisation, ainsi que l'organisation des systèmes de surveillance (comme ceux dont l'Institut de veille sanitaire est responsable) permettent de penser que la reconnaissance de ces maladies nouvelles se fera de plus en plus précocement et que nous serons de moins en moins pris au dépourvu. Mais les propos de Charles Nicolle doivent néanmoins nous inciter à l'humilité.

Notes

* Direction générale de la santé.

(1) Trois grandes épidémies ont marqué notre ère : la peste de Justinien qui a touché le bassin méditerranéen au 6^e-8^e siècle, la peste médiévale qui a affecté toute l'Europe au XIV^e siècle et a causé la mort du quart de sa population et la 3^e pandémie qui, partie de la Chine à la fin du XIX^e siècle, a envahi le monde entier jusqu'au début du XX^e siècle.

(2) Une observation très ancienne (1896) d'un vétérinaire de Haute-Garonne permet de penser que la maladie a déjà pu être observée chez les bovins mais qu'elle a pu rester ignorée, du fait d'une incidence très faible (l'incidence de la MCJ chez l'homme est de l'ordre de 1 cas par million d'habitants et par an).

(3) 4 cas de transmission par transfusion sanguine ont été identifiés au Royaume-Uni, où la décision a été prise au début de l'épidémie de ne plus recourir au plasma des donneurs de sang britanniques pour la fabrication des médicaments dérivés du sang.

(4) Ainsi, le Brésil (notamment l'Etat de Rio) est le siège actuellement d'une épidémie très importante et le virus West-Nile a réussi à envahir la quasi-totalité du continent Nord-Américain entre 1999 et 2005, nécessitant la prise de mesures spécifiques pour les dons de sang et d'organes.

(5) En particulier, délibérément, nous n'avons pas évoqué certaines maladies animales qui n'affectent pas l'homme comme la fièvre catarrhale ovine qui est en train d'envahir toute l'Europe.

Bibliographie

Avertissement : compte tenu du sujet et de la nature de cet article, il n'a pas été jugé utile d'y adjoindre une bibliographie. Les personnes désireuses de trouver des informations complémentaires sur ce sujet peuvent consulter le dossier réalisé par le CNRS, régulièrement mis à jour et accessible à l'adresse suivante : <http://veille.inist.fr/article42.html>

Les causes de l'émergence des agents infectieux

Trois phénomènes se conjuguent qui expliquent l'apparition de nouvelles maladies infectieuses : une meilleure reconnaissance des agents infectieux, la mondialisation de ces agents et de leurs vecteurs (moustiques, tiques) et une variabilité importante des germes.

par le Professeur Didier RAOULT*

Les infections ont été considérées comme des maladies du passé durant la deuxième partie du 20^e siècle. Mais l'apparition du SIDA, suivie de différentes crises sanitaires (vache folle, bactéries multi-résistantes, syndrome de détresse respiratoire aigu, grippe aviaire, Chikungunya) a mis en évidence que ce problème restait d'actualité. De fait, sur le plan mondial, les infections causent de manière directe la mort d'un tiers des hommes, annuellement [1]. Plus encore : parmi les 10 premières causes de raccourcissement de la vie, 6 sont infectieuses (pneumonies, diarrhées aiguës, SIDA, tuberculose, paludisme et autres infections tropicales) [2].

Le nombre des maladies infectieuses connues va en augmentant considérablement, et ceci est lié à trois phénomènes : l'explosion technologique qui permet d'identifier de nouveaux agents de maladie, les changements de notre environnement associés à la mondialisation (la mondialisation permet une mutualisation rapide des microorganismes les plus adaptés, d'autant que le nombre des voyages ne cesse d'augmenter) et, enfin, l'apparition d'agents pathogènes mutants, susceptibles de causer de nouvelles maladies, voire, éventuellement, de nouvelles épidémies.

Les nouveaux outils de la découverte de maladies infectieuses

Les maladies infectieuses résultent de l'interaction entre nous et le monde vivant invisible, dont nous ne pouvons voir à l'œil nu les attaques. Notre connaissance de l'environnement vivant non visible est encore très faible. Des études de séquençage massif de gènes (regroupées sous le nom de méta-génomique) ont permis de montrer qu'à la surface de la terre, la variabilité du vivant visible concerne moins d'1 % des gènes et que, donc, plus de 99 % de la diversité génétique sont associés à de la vie invisible. De 15 à 20 %, environ, de la variabilité génétique sont liés à des organismes visibles seulement en microscopie optique (les microorganismes) ; et de 70 à 75 % correspondent à des gènes appartenant à des virus d'origine inconnue (ces gènes n'appartiennent pas à des organismes visibles au microscope optique [3]). Ceci signifie que la partie du monde vivant que

nous connaissons, bien qu'infiniment plus importante que celle que nous connaissons il y a seulement vingt ans, n'est encore qu'imparfaite. Nous interférons pourtant, en permanence, avec le monde invisible qui nous environne. En effet (pour simplifier), dans notre corps, pour chaque cellule humaine, il existe 100 cellules bactériennes et plus de 1 000 virus [3].

L'évaluation de nos rapports avec les microorganismes dépend très largement des outils mis en place pour les étudier. C'est ainsi que la théorie des germes, expliquant que les maladies infectieuses étaient déterminées par des microorganismes, a réellement pris sa substance à la fin du 19^e siècle, lorsque les microorganismes ont pu être colorés, observés au microscope et cultivés dans des bouillons, de façon reproductible. Cela a permis de créer des modèles expérimentaux et d'établir le lien de causalité entre microorganismes et maladies infectieuses. Dans le courant du 20^e siècle, des techniques de culture – dans des cellules, dans des œufs de poule embryonnés ou chez des animaux – ont permis d'obtenir des virus et des bactéries qui auraient été incultivables dans d'autres conditions. Cela a permis l'explosion de la connaissance des maladies virales, qui n'avait fait que commencer, au 19^e siècle, avec la découverte du virus de la rage. Rapidement, la possibilité d'utiliser le microscope électronique a permis de visualiser les virus et de faire un pas extrêmement significatif dans la connaissance du monde qui nous environne.

Parmi les nouveaux outils, l'utilisation de techniques de biologie moléculaire universelle a permis une révolution, à partir de 1990. Les gènes du ribosome (un complexe protéique, permettant la traduction du message génétique codé en protéines) sont conservés, dans toutes les espèces bactériennes. Cela permet d'y choisir des morceaux de gènes entre des espaces très conservés et universels (les amorces) et, au moyen d'une technique de réactions de polymérisation en chaîne (PCR), d'obtenir en très grande quantité le gène se situant entre deux amorces. Cette technique, qui a commencé à être utilisée en 1990 pour identifier les bactéries responsables de maladies chez l'homme, a donné des résultats importants. Ainsi, récemment, il a été constaté que, grâce à l'utilisation des séquences des gènes

du ribosome, le nombre des espèces bactériennes identifiées était passé de 1 810 000 à plus de 8 000 000 en l'espace de 26 ans [4]. Dans mon seul laboratoire, à Marseille, en 4 ans, 47 nouvelles bactéries, pathogènes pour l'Homme, ont été découvertes grâce à cette technique [5]. Tout cela signifie que plus des trois-quarts des bactéries connues actuellement ont été découverts en moins de 25 ans. Or, il est vraisemblable qu'aucune de ces bactéries nouvellement identifiées n'est réellement nouvelle.

Par ailleurs, des modèles permettant de reconnaître le rôle joué par les infections dans les maladies chroniques se sont développés. Cela a permis de reconnaître, dans les agents infectieux, des causes de cancers. Durant ces dernières années, le cancer et l'ulcère de l'estomac ont été reliés à une infection par une bactérie, *Helicobacter pylori* (ceci a valu à B. Marshall le prix Nobel de médecine, en 2005). Le cancer du foie a été relié aux virus des hépatites. Le cancer du col de l'utérus et celui de la gorge l'ont été à un groupe de virus, les papillomavirus, transmis par voie sexuelle, et pour lesquels un vaccin est en cours de développement. Enfin, les cancers des ganglions sont, pour un quart d'entre eux, associés au virus d'Ebstein-Barr (le virus de la mononucléose infectieuse). Au total, des virus ont été reconnus, ces 25 dernières années, comme étant responsables de plus de 30 % des cancers. Ces cancers d'origine virale sont, pour beaucoup d'entre eux, susceptibles d'être prévenus, maintenant ou dans un avenir proche, grâce à la vaccination. La découverte de nouveaux agents de maladies infectieuses n'est pas toujours une mauvaise nouvelle ; ainsi, la prévention des cancers par la vaccination a un grand avenir [1]. De plus, ces découvertes ont permis de démontrer que les cancers du col de l'utérus, de la gorge mais aussi du foie et des ganglions sont, pour partie, des maladies sexuellement transmissibles.

Parmi les nouvelles techniques qui vont probablement permettre de faire augmenter de manière considérable la connaissance, la méta-génomique jouera un rôle important. Dans cette méthode, tous les gènes d'un environnement donné sont séquencés. Le plus grand projet mondial, appelé microbiome, vient d'être mis en place aux États-Unis ; il consiste à séquencer tous les microbes trouvés en association avec l'homme, dans le tube digestif (ainsi que sur les autres muqueuses). Il est notable que ces microorganismes, qui vivent en nous, modifient le fonctionnement du corps humain. Ainsi, on estime que, dans le tube digestif, les bactéries permettent une augmentation d'au moins 25 % de l'absorption des nutriments (et de leur transformation en calories). Ces estimations ont été démontrées, expérimentalement, sur l'animal. Des souris expérimentales qui n'ont aucune bactérie dans l'intestin ont une absorption calorique moins importante que celles qui ont une population bactérienne normale. Plus, encore : la population bactérienne des souris (et des hommes) obèses diffère de celle des souris (et des hommes) minces [6]. Cela ouvre le champ, dans l'avenir, à une manipulation des bactéries de l'intestin visant à modifier la prise calorique, dans un sens ou dans l'autre. Ces techniques ont aussi permis d'identifier de nouveaux virus. Un travail récent – remarquable – a mis en évi-

dence le fait que les virus les plus fréquemment retrouvés dans le tube digestif des humains sains étaient des virus de plantes, le plus fréquent des virus digestifs humains étant un virus du piment [7]. Le rôle de ces virus dans le fonctionnement digestif humain et dans d'éventuelles pathologies est encore totalement inconnu, car leur découverte par la méta-génomique remonte seulement à 2006.

Les changements de notre écosystème et la mondialisation

L'homme vit dans des écosystèmes qui varient en permanence. Cela est visible à l'œil nu, mais le même phénomène se produit, aussi, au niveau du monde invisible des microorganismes. Toute variation des conditions physico-chimiques entraîne des modifications de la composition des flores et des faunes, visibles et invisibles. La chaleur joue un rôle probablement important ; il en va de même de l'humidité. À cet égard, le réchauffement de la planète et certains phénomènes météorologiques massifs (tel El Niño) changent la distribution géographique des maladies infectieuses.

Parmi les changements majeurs apportés aux écosystèmes durant les 20^e et 21^e siècles, les immenses concentrations urbaines relevées dans des mégapoles dépassant parfois les 10 millions d'habitants joueront probablement un rôle essentiel. Dans ces mégapoles, le risque de voir apparaître des maladies contagieuses est extrêmement important, du fait de la concentration humaine et de la promiscuité. Par ailleurs, la mondialisation s'est accélérée et, avec elle, la redistribution géographique des espèces. Ainsi, les espèces végétales, animales (vertébrés comme invertébrés), notamment les animaux aquatiques, se sont déplacés et ont envahi de nouveaux espaces, grâce à la mondialisation, à une vitesse jusqu'à présent inconnue. Le sens de la migration va d'ailleurs généralement de l'équateur vers les zones tempérées, la zone équatoriale étant une des plus grandes sources de biodiversité pour le monde vivant [8].

Par ailleurs, les déplacements des hommes à la surface de la terre se font de plus en plus en commun. On estime qu'un milliard de personnes prennent l'avion chaque année. D'immenses bateaux, des porte-containers se déplacent d'un bout à l'autre des mers, transportant des espèces vivantes. Récemment, il a pu être mis en évidence qu'un moustique, *Aedes albopictus*, qui est le vecteur du chikungunya, mais aussi de la dengue (deux graves maladies tropicales), s'est déplacé, probablement sur ces cargos, dans des flaques d'eau (souvent, aussi, dans des pneus, dont il est difficile de vider complètement l'eau pluviale qui s'y accumule). À partir d'un foyer asiatique, ce moustique s'est répandu dans l'Océan indien, mais aussi en Europe, notamment en France et en Italie, et en Amérique [9]. Ce virus, installé à La Réunion, a déclenché l'épidémie de chikungunya qui a été observée dans l'île en 2006 [9]. Récemment, une épidémie s'est déclarée en Italie-même, à nos portes. Ce moustique, parfaitement adapté à notre situation, et vivant à l'intérieur des villes, est devenu un vecteur potentiel redoutable de nouvelles maladies infectieuses. L'épisode



© Hubert Raguét/LOOK AT SCIENCES

La connaissance du monde animal permet de découvrir de nouveaux moyens de lutter contre les souches microbiennes résistantes (extraction de substances thérapeutiques à partir d'insectes).

du chikungunya est exemplaire, car un patient indien, infecté par ce virus dans son pays (l'épidémie y fait actuellement des ravages), est revenu dans la région de Ravenne, en Italie. Là, il a été piqué par des moustiques *Aedes albopictus* locaux, qui ont ainsi pu déclencher, en juillet 2007, une épidémie européenne [10]. Ainsi, d'immenses concentrations urbaines et l'augmentation de la population et de ses déplacements incessants d'un bout à l'autre de la planète rendent possible l'apparition de maladies humaines, qui se répandent et se mutualisent rapidement à la surface du globe.

Les nouveaux organismes

Tous les êtres vivants évoluent de façon concomitante. L'idée qu'il puisse exister des êtres, vivant actuellement, qui soient archaïques est un fantasme anthropocentrique. Les bactéries, comme les virus, évoluent extrêmement rapidement, au même titre que les animaux qui nous entourent. Les champions de l'évolution sont les virus à ARN (l'acide ribonucléique, support de l'information génétique), car la duplication de l'ARN est sujette à plus d'erreurs que celle de l'ADN (l'acide désoxyribonucléique, qui sert à la duplication de tous les autres êtres vivants) et permet ainsi une évolution plus rapide. Les virus à ARN sont à l'origine des épidémies qui ont le plus frappé l'imagination ces dernières années. Ainsi, le virus du SIDA, celui de l'hépatite C, celui du SRAS, celui de la grippe, celui du chikungunya et de la

dengue sont, tous, des virus à ARN. Cette rapidité d'évolution nous amènera certainement à faire face, dans les années qui viennent, à de nouvelles épidémies, causées par ces virus dont le potentiel pathogène ne nous était pas encore apparu. Une fois encore, le virus du chikungunya est un très bon exemple. Un mutant est apparu, qui a été associé, chez l'homme, à une concentration virale dans le sang extrêmement importante (109 par ml), ce qui lui a permis d'être transmissible par d'autres espèces de moustiques et de ne plus nécessiter de réservoir animal. Ce mutant est particulièrement adapté à la transmission par le moustique *Aedes albopictus*. De ce fait, un cycle homme/moustique/homme s'est constitué, grâce à cette mutation, qui a permis au virus de se diffuser plus rapidement et à plus grande échelle [9].

Un autre groupe de microorganismes évoluant très rapidement est celui des bactéries résistantes aux antibiotiques. La résistance leur confère un avantage sélectif considérable, dans les hôpitaux (mais aussi, désormais, en-dehors des hôpitaux). Les bactéries ayant acquis cet avantage diffusent de manière extrêmement rapide. Une seule bactérie résistante, apparue dans un hôpital, quelque part dans le monde, peut se répandre sur toute la surface de la Terre en moins de cinq ans. C'est le cas des nouveaux staphylocoques dorés résistants, qui constituent un exemple troublant, illustrant cette capacité à évoluer extrêmement rapidement. Ainsi, l'invention des sulfamides, avant la Deuxième Guerre mondiale, a été suivie, dès leur introduc-

tion dans la thérapeutique, par l'apparition de mutants résistants du staphylocoque doré. La pénicilline utilisée pendant la Deuxième Guerre mondiale, a été rapidement confrontée, avant la fin des années 40, à une résistance, chez cette même bactérie. Depuis lors, toutes les familles d'antibiotiques découvertes par l'homme, soit à partir de microorganismes, soit par voie de synthèse, ont, toutes, été en butte à une résistance du staphylocoque doré, apparue quelques années, ou au grand maximum quelques dizaines d'années, après l'introduction sur le marché du nouvel antibiotique. Ainsi, les familles (d'antibiotiques) du chloramphénicol, des tétracyclines, des pénicillines anti-staphylococciques, des aminosides, de la vancomycine, de la rifampicine, des quinolones, de l'acide fusidique et des macrolides ont, toutes, eu pour conséquence l'émergence de mutants résistants. Il est à noter que chacun de ces mécanismes de résistance est différent [1]. Cela permet de prendre conscience du potentiel génétique formidable des staphylocoques dorés, puisque cette espèce bactérienne a réussi, pour l'instant, à mener un combat contre l'ensemble de l'industrie et des intelligences humaines, avec une efficacité qui laisse perplexe.

Ces données expliquent que l'idée que l'on pourrait empêcher l'apparition de nouvelles maladies infectieuses, ce que sous-entend le principe de précaution, est totalement illusoire. Le monde qui nous environne a une capacité d'évolution imprévisible, qui n'apparaît pas modélisable et qui ne pourra être anticipée avec nos moyens actuels. Ce désir de prévision, qui est si commun chez l'homme, peut amener à de grandes peurs, comme celle qui a accompagné la crainte de voir se développer une grippe aviaire, dès l'année 2006. Le danger de ces angoisses majeures, c'est le risque de démobiliser la population, du fait de l'absence d'épidémie immédiate, comme dans le conte de « Pierre et le Loup ». Leur intérêt, c'est qu'elles mobilisent la population contre un éventuel risque mal maîtrisé. De fait, concernant la grippe, au cours du 20^e siècle, trois nouveaux mutants du virus de la grippe sont apparus, dont celui de la grippe espagnole (qui a tué au minimum 40 millions de personnes). Il existe donc un risque indéniable que puisse apparaître un nouveau mutant grippal (dont la source sera peut-être, encore une fois, les oiseaux), dans les prochaines années. Toutefois, nous ne savons pas si l'épidémie de grippe aviaire actuelle générera un mutant transmissible entre humains. Si un virus mutant apparaît, nous ignorons quand, et où, cela se passera. C'est seulement l'observation et la détection précoce qui permettront de limiter une catastrophe prévisible. En effet, en dépit des moyens d'isolement, de traitement et de prévention par le vaccin, la grippe habituelle, ordinaire, tue plus de 5 000 personnes par an, uniquement en France [1]. Ceci justifie les inquiétudes qu'ont tous les spécialistes quant au risque d'apparition de nouveaux virus respiratoires, avec transmission interhumaine à haut niveau, provoquant une épidémie mondiale que nous ne serions, pour l'instant, pas à même d'enrayer.

Conclusion

Trois phénomènes se conjuguent qui expliquent l'apparition de nouvelles maladies infectieuses : une meilleure reconnaissance des agents infectieux, la mondialisation de ces agents et de leurs vecteurs (moustiques, tiques) et une variabilité importante des germes, parmi lesquels les champions sont les virus à ARN. Le virus du chikungunya en est un très bon exemple : transmis par un moustique venu du Sud-Est asiatique, un virus venu d'Afrique centrale a permis l'apparition d'un nouveau mutant, qui a déclenché une épidémie à La Réunion !...

Nous vivons dans un monde tout petit, dont les distances diminuent, du fait de la rapidité des transports, avec une seule espèce humaine, sensible aux mêmes infections, et les microbes ne connaissent aucune frontière. Il est nécessaire d'instaurer un principe de vigilance pour détecter les nouvelles épidémies (plutôt qu'un principe de précaution incompatible avec la variabilité du monde vivant) et d'implanter, dans les zones les plus pauvres et les plus peuplées, les conditions permettant de détecter au plus tôt les nouveaux agents infectieux.

Note

* Université Aix-Marseille.

Références bibliographiques

- [1] Raoult (D.), *Les nouveaux risques infectieux. Grippe aviaire, SRAS, et après ?* Lignes de Repères, Paris, 2005.
- [2] Hotez (P.J.), Molyneux (D.H.), Fenwick (A.), Kumaresan (J.), Sachs (S.E.), Sachs (J.D.) & Savioli (L.), Control of neglected tropical diseases. *N Engl J Med* 357:1018-1027, 2007.
- [3] Edwards (R.A.) & Rohwer (F.), Viral metagenomics. *Nat Rev Microbiol* 3:504-510, 2005.
- [4] Janda (J.M.) & Abbott (S.L.), 16S rRNA gene sequencing for bacterial identification in the diagnostic laboratory : pluses, perils, and pitfalls. *J Clin Microbiol* 45:2761-2764, 2007.
- [5] Drancourt (M.), Berger (P.) & Raoult (D.), Systematic 16S rRNA gene sequencing of atypical clinical isolates identified 27 new bacterial species associated with humans. *J Clin Microbiol* 42:2197-2202, 2004.
- [6] Ley (R.E.), Turnbaugh (P.J.), Klein (S.) & Gordon (J.I.) Human gut microbes associated with obesity. *Nature* 444:1022-1023, 2006.
- [7] Zhang (T.), Breitbart (M.), Lee (W.H.), Run (J.Q.), Wei (C.L.), Soh (S.W.), Hibberd (M.L.), Liu (E.T.), Rohwer (F.) & Ruan (Y.), RNA viral community in human feces : prevalence of plant pathogenic viruses. *PLoS Biol* 4:e3, 2006.
- [8] Shirley (S.M.), Kark (S.), Amassing efforts against alien invasive species in Europe. *PLoS Biol* 4:e279, 2006.
- [9] Charrel R.N., de L, X, Raoult (D.), Chikungunya outbreaks—the globalization of vector-borne diseases. *N Engl J Med* 356:769-771, 2007.
- [10] Charrel (R.N.), de L, X, Raoult (D.), Seasonality of mosquitoes and chikungunya in Italy. *Lancet Infect Dis* 8:5-6, 2008.

Évolution des risques infectieux alimentaires

La lutte contre les agents infectieux n'a probablement pas de fin : il en apparaîtra toujours de nouveaux. Leur incidence sera limitée par une stabilité politique et sociale, la continuité dans la décision, des relations transparentes et aisées entre les territoires et une autorité centralisée, la compétence scientifique et technique, une volonté d'amélioration des savoirs, des conditions de travail convenables, une collaboration sans réticence des réseaux nationaux et internationaux.

par Catherine BOUVIER-BLAIZOT*

Les maladies infectieuses transmises par l'alimentation sont consécutives à la consommation par l'homme de denrées contaminées par des agents biologiques auxquels il est sensible. Bien que progressivement, depuis l'époque pastorienne, leur incidence ait constamment diminué grâce à la progression des connaissances et à l'application des mesures sanitaires, ce sujet largement médiatisé reste d'actualité.

Zoonoses et toxi-infections alimentaires

La transmission à l'homme

Certaines de ces maladies sont communes à l'homme et à une ou plusieurs espèces animales. On parle alors de **zoonoses** transmises par un aliment (viandes, lait, œufs, et produits de leur transformation) issu d'un animal malade ou porteur inapparent. On peut ainsi citer, parmi les agents connus du grand public, des parasites tels que les ténias ou les trichines, des bactéries telles que celle de la tuberculose bovine ou de la brucellose (fièvre de Malte). Les affections virales sont ici beaucoup plus rares.

Parallèlement à ces zoonoses transmissibles par des produits d'origine animale, on identifie des toxi-infections, liées à la consommation d'un aliment ou d'une boisson contaminés par un agent infectieux qui y a trouvé des conditions favorables à sa prolifération. Cette contamination peut être le fait de l'environnement, de l'eau, des animaux, des personnes qui ont manipulé le produit et même d'autres aliments lors de la préparation culinaire.

La multiplication de l'agent pathogène, généralement une bactérie ou un virus, permet d'atteindre ensuite à la dose infectieuse nécessaire à l'apparition des symptômes. Pour être efficace cette dose, variable selon l'agent en cause et des facteurs inhérents au consommateur, doit être de l'ordre d'une dizaine ou d'une centaine de millions de microorganisme par gramme d'aliment.

Les toxi-infections alimentaires de l'homme peuvent aussi être induites par des végétaux ; conserves de légumes insuffisamment stérilisées (botulisme), féculents cuits entreposés à des températures favorables au développement de microorganismes (*Bacillus cereus*).

La dangerosité du produit peut être due à la présence des agents pathogènes vivants eux-mêmes, mais aussi aux toxines qu'ils ont pu y produire au cours de leur prolifération (staphylocoques) ainsi qu'à la dégradation substantielle qu'ils y ont provoquée.

Les conséquences individuelles et collectives

En France, chaque année 85 000 cas d'intoxications alimentaires font l'objet d'un traitement médical, le Ministère de la santé estime toutefois qu'il doit s'en produire en fait entre 250 000 à 750 000. Même ainsi réévalué ce chiffre est sensiblement inférieur à ceux relevés dans les pays anglosaxons, mais il est à craindre que cette situation favorable ne soit en partie explicable par une sous-déclaration de ces affections pour lesquelles nos concitoyens consultent peu. En effet, le plus souvent, les symptômes des toxi-infections disparaissent après une courte d'indisposition. Cependant avec certains microorganismes plus agressifs ou en fonction de leur nombre, on recense des cas graves voire mortels comportant des troubles nerveux, de l'hyperthermie, une déshydratation.

Les zoonoses transmises par l'alimentation se traduisent en revanche par une maladie précise dont les symptômes et les lésions organiques sont caractéristiques.

Émergence de maladies infectieuses et de toxi-infections

Il est difficile de prévoir l'émergence d'une maladie animale transmissible par les aliments mais, lorsqu'elle survient aujourd'hui, la transmission à l'homme reste très limitée du fait des dispositifs de surveillance mis en place et parce que

le plus souvent la transmission ultérieure interhumaine n'est pas possible.

L'incidence de l'encéphalopathie spongiforme subaiguë transmissible et de la grippe aviaire au Virus H5N1, même dans les pays où elles ont touché de façon importante les espèces animales sensibles, a été très faible dans la population humaine quand on la compare, par exemple, aux milliers de morts induites par la consommation de lait de vaches tuberculeuses au cours des deux derniers siècles. Pourtant l'impression du public est qu'on assiste à une recrudescence des maladies humaines et animales, notamment des zoonoses et plus particulièrement celles transmises par l'alimentation.

Certaines réalités récentes dans l'univers jusqu'ici très traditionnel de l'alimentation viennent conforter ces impressions.

L'évolution alimentaire

Les modifications des techniques d'élevage

Il est connu que l'élevage intensif est favorable à l'émergence de maladies animales, qui le plus souvent, ne sont d'ailleurs pas transmissibles à l'homme et dont le caractère épidémique peut s'atténuer avec le temps.

Ces nouvelles techniques peuvent aussi conduire au développement épidémique d'une maladie autrefois sporadique dans une espèce : cela été le cas par exemple des salmonelloses des volailles transmissibles à l'homme qui existaient à bas bruit depuis longtemps et ont progressé dans les élevages industriels en Grande Bretagne dans les années 90, jusqu'à provoquer une grave crise politique.

L'antibiothérapie peut aussi conduire à l'apparition de souches résistantes aux traitements et qui, au moins temporairement, ne pourront pas être aussi bien maîtrisées.

La mondialisation des approvisionnements

Aujourd'hui les entreprises de tous les pays, même de taille modeste, élaborent des aliments qui pourront être consommés dans le monde entier. L'importation de matières premières ou des produits transformés d'origine lointaine, peuvent introduire des pathogènes inhabituels (exemple de la présence de l'agent du choléra dans des gambas) ou d'une souche exotique qui provoqueront des troubles d'autant plus graves que le consommateur ne bénéficiera pas d'immunité.

Les risques sont également liés au fait qu'au cours du transport les produits peuvent subir des aléas avec rupture de la chaîne du froid.

Les conditions de production des aliments

Alors que ce secteur était encore, à l'exception des domaines de la conserve et des boissons, plutôt le fait d'artisans et de très petites entreprises de proximité, on a vu apparaître, à partir des années 70, des entreprises agricoles

et alimentaires de taille industrielle. Les conditions d'hygiène et les modes de fabrication ne se sont pas trouvés dégradés par cette évolution mais elle a eu pour conséquence d'augmenter la taille des lots de fabrication. De ce fait, en cas de d'accident de fabrication, un nombre plus important de consommateurs risque d'être touché sur un territoire plus étendu.

Paradoxalement le rappel des produits, facilité par une traçabilité bien conduite, assure un impact médiatique inquiétant pour des consommateurs qui ont depuis une vingtaine d'années accepté la commodité des produits très élaborés préparés à l'avance par l'industrie mais qui, dans de telles situations, se mettent soudain à suspecter des aliments dont ils connaissent mal l'origine, la composition et les techniques de fabrication.

Les modes de consommation

De plus en plus de repas sont pris à l'extérieur, en restauration sociale du travail, de l'école, des hôpitaux et des maisons de retraite ou en restauration commerciale. Dans notre pays près de 7 milliards de repas sont ainsi pris hors domicile chaque année. En restauration sociale, ces repas sont préparés en volumes importants, souvent à l'avance, puis sont transportés dans des conditions de température qui doivent être très maîtrisées. En restauration privée, le point le plus difficile est probablement la présence d'un personnel très temporaire dont la formation en hygiène est limitée et l'état de santé peu contrôlé. Ils peuvent donc être porteurs inapparents de maladies transmissibles par les aliments dont ils assurent la préparation.

On peut ainsi voir apparaître des toxi-infections collectives dues à la contamination des aliments par des microbes d'origine humaine ou bien, du fait d'erreurs dans la manipulation, dues à des contacts entre aliments sains et contaminés.

Le consommateur est également séduit par la mode des produits exotiques ou celle du retour au naturel. Il adopte alors certains comportements à risques et porte son intérêt sur des produits crus susceptibles de contenir des parasites ou des microbes (viande, lait, poissons) responsables de pathologies nouvelles ou transmises par des espèces animales inhabituelles. L'agent responsable du botulisme, par exemple, se retrouve traditionnellement dans les charcuteries sèches et les conserves domestiques ou artisanales dont la stérilisation a été insuffisante. Les accidents sont donc assez exceptionnels d'autant que ce micro-organisme se multiplie très lentement aux températures prescrites pour la conservation des denrées animales et que sa toxine est très sensible à la chaleur. Mais la souche E, présente dans le poisson, peut se multiplier à basse température et pourrait réserver des surprises avec des produits consommés crus, fumés et séchés par exemple.

Enfin l'introduction, par les populations migrantes, de produits animaux traditionnels dans leur pays d'origine peut introduire des agents pathogènes pour l'homme et les animaux. On ignore en effet tout sur des agents infectieux que peuvent héberger les animaux sauvages de certains

pays et les risques qu'ils font courir à l'homme et aux animaux qui pourraient les consommer. On peut citer le problème préoccupant de la « viande de brousse », assortiments des viandes de différentes espèces d'animaux, dont en particulier de singes, qui entrent en fraude sur le territoire européen, dissimulés dans les bagages des voyageurs.

Les bouleversements environnementaux, politiques et sociaux

La ré-émergence d'une maladie est liée à tout ce qui favorise les déplacements de populations animales au statut sanitaire mal contrôlé. Ce peut être des conditions écologiques avec des mouvements d'animaux, notamment d'espèces sauvages, qui contamineront des espèces domestiques.

Des maladies du passé peuvent également réapparaître dans un contexte politique et social troublé caractérisé par un arrêt total ou partiel des actions de police sanitaire et de prophylaxie. On constate par exemple la réémergence de deux zoonoses, la tuberculose et de la typhoïde humaine dans les pays de l'Est. Une situation politique et sociale difficile s'accompagne de plus parfois d'une immigration de population rurale accompagnée de son bétail qui disséminera des agents infectieux. Enfin certaines occasions festives conduisant à des rassemblements d'animaux ont pu être incriminées.

La question de l'incidence du réchauffement climatique préoccupe également nos concitoyens. Le rapport d'avril 2007 des scientifiques du groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat rappelle que les vagues de fortes chaleurs et les précipitations importantes sont favorables aux explosions épidémiques. On peut donc penser que le réchauffement climatique entraînerait l'apparition en Europe de maladies jusqu'ici cantonnées aux régions chaudes. Le rapport de l'agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFFSA) sur les répercussions du réchauffement climatique sur les animaux (2005) a déjà souligné que, dans ce contexte, 6 maladies dont 4 sont des zoonoses doivent faire l'objet d'une surveillance particulière.

Cependant aucune de ces maladies n'est transmissible par les aliments et le même rapport précise que l'élévation de température favoriserait plutôt les toxi-infections alimentaires par prolifération des micro-organismes habituels, à l'occasion de ruptures de la chaîne du froid.

L'éventualité d'une utilisation malveillante (bioterrorisme) de micro-organismes pathogènes, ou modifiés génétiquement pour le devenir, peut faire partie des craintes du public. Elle est analysée par les pouvoirs publics. L'expérience de l'épidémiologie des toxi-infections et des maladies transmissibles par les aliments, la surveillance dont elles sont l'objet, les procédures d'alerte mises en place, permettent de penser que ce type de risques ne pourrait porter que sur des volumes faibles et n'atteindrait qu'une très faible partie de la population avant que le produit litigieux ne soit identifié et retiré des circuits de distribution.

L'amélioration des performances des méthodes de diagnostic

Les laboratoires disposent de méthodes de plus en plus précises de mise en évidence des agents infectieux. L'amplification génique (polymérase chaîne réaction ou PCR) notamment a considérablement fiabilisé leur identification.

On dénombre aujourd'hui plus de 200 maladies et toxi-infections d'origine alimentaire, certaines ont été découvertes récemment sans que l'on sache s'il s'agit d'une émergence ou de maladies pré-existantes et méconnues. Ce fut par exemple le cas pour *Listeria monocytogenes*, longtemps considérée comme transmissible uniquement par la voie aérienne, à partir des fourrages et des ensilages, et provoquant des méningites et des avortements dont les victimes appartenaient surtout au milieu agricole. Sa transmission par les aliments a été mise en évidence grâce au perfectionnement des techniques d'analyses.

Les réseaux de surveillance et les centres de référence mis en place pour réaliser une veille analytique systématique, centraliser les données sur différents agents infectieux et lancer une alerte vers les services chargés de la gestion des risques, lorsqu'une situation qui le mérite est détectée, sont donc devenus très performants.

Ce dispositif qui est destiné à limiter les risques peut parfois donner l'impression que nous vivons de plus en plus dangereusement tant les informations apportées sont abondantes.

Les moyens de la lutte et de la prévention

La lutte contre les maladies contagieuses et les toxi-infections est encadrée par des dispositions législatives et réglementaires nationales, européennes ou internationales.

Ces différents textes précisent les conditions dans lesquelles il convient d'assurer l'identification des animaux et la traçabilité des produits, d'éradiquer des maladies du bétail qui le justifie par le dépistage, la vaccination ou même l'élimination des animaux, de pratiquer l'épidémiologie-surveillance de maladies moins importantes, de contrôler l'importation des animaux et des produits, enfin de maintenir la sécurité sanitaire dans les entreprises préparant des aliments.

La lutte contre les maladies émergentes relève des mêmes principes, elle implique cependant la prise de conscience de leur existence et donc une bonne connaissance de la réalité du terrain au niveau national et international.

Elle doit faire appel à une évaluation efficace des dangers présentés par le microorganisme concerné, ou par les pratiques incriminées, et des risques pour le consommateur afin que les responsables de la santé publique puissent prendre les mesures adéquates. En France cette évaluation est réalisée par l'AFSSA.

Par ailleurs une recherche plus fondamentale pour mieux connaître les mécanismes d'apparition des nouveaux agents pathogènes et des nouvelles maladies, est évidemment indispensable.

Les réseaux nationaux de contrôle et de surveillance

Dans la plupart des pays, les services vétérinaires sont responsables du contrôle de la santé animale dans les élevages et lors des échanges, ils sont également le service d'inspection sanitaire de la première transformation, et, dans les entreprises de la deuxième transformation et de la distribution, exercent ces missions en relation avec d'autres services.

En France, les directions départementales des services vétérinaires (DDSV), services extérieurs de la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) au Ministère de l'Agriculture, animent un réseau qui identifie les maladies sur le terrain, font remonter l'information vers l'administration centrale, et, d'autre part appliquent sur le terrain les mesures que cette dernière leur demandera de mettre en œuvre pour éradiquer le problème.

En matière de santé animale, pour combattre les maladies infectieuses réglementées, les DDSV s'appuient sur les déclarations des 8 000 vétérinaires sanitaires praticiens. Ils sont également interlocuteurs des éleveurs qui s'investissent dans les actions collectives des groupements de défense sanitaire pour des maladies plus mineures. Les partenariats entre administration, vétérinaires praticiens et éleveurs sont forts, bien que parfois conflictuels.

Dans les pôles départementaux de sécurité sanitaire des aliments, les DDSV, les DDASS et les directeurs départementaux de la consommation, de la concurrence et de la répression des fraudes échangent leurs informations, effectuent des enquêtes conjointes notamment lors de toxoinfections alimentaires.

Des laboratoires départementaux gérés par les conseils généraux réalisent des analyses dans les domaines de la santé animale et de la sécurité alimentaire. En particulier dans le cadre des plans de contrôle et de surveillance systématiques de la qualité sanitaire des denrées. Ils constituent un important relais d'information lors de l'apparition de pathologies ou de germes nouveaux sur le terrain.

Les informations récoltées et les souches de virus et de bactéries isolées sont transmises aux laboratoires nationaux de référence ou aux centres nationaux de référence cités plus haut.

En cas de crise sanitaire, d'apparition ou de recrudescence de maladies d'origine alimentaire une concertation s'établit entre les réseaux chargés de la surveillance, de l'évaluation et de la gestion des maladies humaines (direction générale de la santé, Institut de veille sanitaire...) et ceux chargés d'évaluer et de gérer les risques en matière de santé animale et de sécurité des aliments (DGAL, AFSSA...) pour établir des mesures concertées.

Enfin des cellules interministérielles ont été créées pour résoudre des problèmes récurrents : ESST, trichinellose, infection à *Listeria* ou à salmonelles, grippe aviaire.

Les réseaux européens et internationaux

Du fait de la mondialisation, la prévention des maladies transmissibles par l'alimentation ne peut se limiter à des

actions nationales et la situation sanitaire de chaque Etat doit être connu pour que les autres pays puissent, de façon individuelle ou collective (comme c'est le cas par exemple de l'Union européenne) prendre des mesures vis-à-vis de ceux dont l'état sanitaire n'est pas satisfaisant.

Ces mesures ne se limitent pas à une interdiction et un appui technique et financier est apporté pour soutenir les actions d'assainissement entreprises.

Dans l'Union européenne, ces dispositions sont fixées depuis plus de quarante ans par la directive 64-632 qui concerne l'introduction d'animaux dans les pays membres et qui prévoit des procédures et des inspections pour empêcher l'introduction d'épizooties. L'UE se donne le droit de procéder à une évaluation régulière de la situation des pays tiers exportateurs. Le cas des produits d'origine animale destinés à la consommation humaine est prévu, dans le cadre du « paquet hygiène », par la directive 2002/99 du 16 décembre 2002 fixant les règles de police sanitaires régissant leur production, leur transformation et leur distribution.

L'Organisation mondiale du commerce s'inquiète de la mise en place de dispositions qui constitueraient des entraves au commerce international mais reconnaît dans l'accord sanitaire et phytosanitaire, dit SPS, que les gouvernements ont le droit de prendre les mesures nécessaires à la protection de la santé humaine.

L'accord sur les obstacles techniques au commerce (OTC) vise donc à garantir que les mesures prises ne créent pas d'obstacles « non légitimes » au commerce international et encourage les pays à se baser pour établir leurs règles à l'importation sur les recommandations de l'office international des épizooties (OIE) en ce qui concerne les maladies animales et les conditions d'hygiène de la première transformation, et les normes du Codex Alimentarius pour tout ce qui concerne la partie plus aval des filières alimentaires.

L'OIE a pour mission de collecter et de diffuser l'information sanitaire mondiale sur les maladies animales et les zoonoses, d'informer les gouvernements de l'existence ou de l'évolution des maladies animales dans le monde et de préconiser des moyens pour les combattre. Il est en même temps chargé d'apporter un appui aux pays auxquels il est nécessaire pour les aider à réaliser le contrôle ou l'éradication de ces maladies. Chacun des 167 pays membres de l'OIE s'est engagé à surveiller et à déclarer le cas échéant 110 maladies animales parmi lesquelles certaines zoonoses transmissibles par l'alimentation.

Le Codex alimentarius (organisme FAO/OMS) élabore des normes, des lignes directrices et des codes d'usage pour la protection de la santé des consommateurs et coordonne les travaux de normalisation alimentaire réalisés par d'autres instances pour faciliter le commerce international.

Ces dispositions posent parfois problème à l'Union européenne dont le principe est d'offrir un « haut niveau de sécurité alimentaire » aux consommateurs de ses pays membres et dont les normes et réglementations sont souvent plus exigeantes que celles prévues par les deux organisations internationales précitées.

La nouvelle démarche européenne en matière de sécurité alimentaire

A partir de 1965, en prévision de l'ouverture du marché unique, les pays membres de la CEE ont harmonisés leurs réglementations sur la sécurité des aliments pour permettre les échanges.

Les directives communautaires et leurs transcriptions conduisent en 1993 à un ensemble abouti lorsque, sous la pression des pays les plus libéraux, se dessine une « nouvelle approche ». Elle s'appuie sur la notion que le professionnel est le seul responsable de la maîtrise de la qualité de ses préparations et que les administrations en charge de la santé publique n'ont à se préoccuper que du résultat des moyens mis en œuvre, ainsi de la garantie que le professionnel a effectué une réflexion sur les dangers que peut présenter son produit et qu'il a mis en œuvre aux points où ce danger peut-être maîtrisé des dispositifs permettant d'en garantir la sécurité.

Cette démarche a conduit, à partir de 2001, à l'élaboration d'un corpus de règlements, appelé de façon assez laide le « paquet hygiène », et concernant les aliments produits dans les pays membre de l'UE.

Le règlement 178/2002, la « food law », entré en application le 1^{er} janvier 2005, est le socle fondateur du nouveau droit européen dans le domaine de la sécurité sanitaire des denrées alimentaires animales et végétales et des aliments pour animaux ; il établit les principes généraux, institue l'autorité européenne de sécurité des aliments AESA (agence européenne d'évaluation) et le réseau d'alerte européen.

Les nouveaux textes fixent très peu d'obligation de moyens. Il est simplement indiqué que les exploitants du secteur agro-alimentaire doivent mettre en place des procédures permanentes fondées sur le principe de l'analyse des dangers et du contrôle aux points critiques (HACCP) et qu'ils doivent prouver leur efficacité grâce à des autocontrôles dont ils définissent eux-mêmes les rythmes et le contenu.

Les professionnels doivent donc choisir eux-mêmes les moyens à mettre en œuvre en fonction de leur production et des risques qu'elle engendre, de l'aspect traditionnel ou industriel de la fabrication, du circuit de commercialisation. Une adaptation aux procédés et aux produits artisanaux devient donc possible dès lors qu'une analyse des dangers leur est appliquée. Une des conséquences de cette nouvelle approche a été que les organisations de filières et les syndicats professionnels se sont beaucoup investis pour apporter un appui aux petites entreprises qui avaient des difficultés à réaliser cette analyse.

Enfin, les règlements 854/2004 et 882/2004 fixent les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels et formalisent les obligations des services compétents. Le premier texte décrit les règles générales s'appliquant aux services officiels dans le cadre de leurs contrôles. Le second texte prévoit que les services de contrôle peuvent être soumis à des audits internes et précise notamment que les « autorités compétentes » doivent établir un plan de contrôle officiel pluriannuel dans lequel les opérations sont pro-

grammées pour répondre à des objectifs précis en matière de maîtrise du risque alimentaire, que les inspections doivent être réalisées selon des méthodes formalisées et harmonisées. Enfin un rapport et des bilans d'activité devront être envoyés à la communauté européenne.

Il s'agit d'une évolution importante de la réglementation communautaire, même si des plans de contrôle et de surveillance de la qualité sanitaires des produits alimentaires étaient depuis longtemps définis et réalisés, pour la première fois il est reconnu par les états membres que leurs services de contrôle doivent rendre compte à la Commission de l'Union Européenne. Cette exigence implique que les états membres assurent à ces services les moyens pour garantir leur compétence et réaliser leur activité dont il est admis qu'elle doit être en rapport avec les volumes de denrées produites ou introduites dans le pays concerné.

La lutte contre les agents infectieux n'aura probablement pas de fin : il en apparaîtra toujours de nouveaux. Au delà de conditions de travail convenables dans les entreprises, la compétence scientifique et technique, l'amélioration des savoirs, leur incidence sera limitée par une stabilité politique et sociale, la continuité dans la décision, des relations transparentes et aisées entre les territoires et une autorité centralisée, une collaboration sans réticence des réseaux nationaux et internationaux.

Note

* Inspectrice générale de la santé publique vétérinaire, Conseil Général de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Espaces Ruraux (CGAER).

Bibliographie

Pour en savoir plus

(Y.) LEFORBAN, (B.) VALLAT et (G.) BRUCKER : maladies infectieuses en médecine humaine et vétérinaire, passage des barrières d'espèces. Bulletin de l'Académie des sciences, 18 pages, 30/08/2005.

<http://www.academie-sciences.fr> et yves.leforban@agriculture.gouv.fr

(V.) CARLIER : sécurité des aliments, facteurs d'émergence des dangers microbiens. Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France, 155, 11-18, 2002.

academie@veterinaire.fr

AFSSA : rapport sur l'évaluation du risque d'apparition et de développement de maladies animales compte tenu d'un éventuel réchauffement climatique, 78 pages, 2005.

<http://www.afssa.fr>

Guide d'aide à la gestion des alertes concernant les denrées alimentaires entre les exploitants de la chaîne alimentaire et l'administration quand un lot de produits est identifié. (DGAL/DGS/DGCCRF) 16 pages, 2005.

Site du Ministère de l'agriculture et de la pêche

<http://www.agriculture.gouv.fr>

Guide des recommandations pour la protection de la chaîne alimentaire contre les risques d'actions malveillantes, criminelles ou terroristes (DGAL/DGS/DGCCRF/SGDN/Ministère de l'intérieur et de l'aménagement du territoire) 22 pages, 2007.

Site du Ministère de l'agriculture et de la pêche.
<http://www.agriculture.gouv.fr>

Code Rural Livre deuxième, titre III : Le contrôle sanitaire des animaux et aliments (Dalloz 2007)

Office international des Epizooties

vol 22 (2) Services vétérinaires organisation, assurance qualité, évaluation, août 2003.

vol 23 (2) Zoonoses et agents pathogènes émergents importants pour la santé publique, août 2004.

vol 25 (2) sécurité sanitaire des aliments issus de la production animale et commerce mondial, 2006.
oie@oie.int

(X.) DELOMEZ : Les pouvoirs de police en santé publique vétérinaire. Ecole Nationale des services vétérinaires, 338 pages, 2004.
ensv@agriculture.gouv.fr

(N.) GUERSON : Les nouveaux règlements européens, leurs impacts sur les contrôles officiels et les autocontrôles. Editions Charles David, 84 pages, 2005.

Pouvoir des médias et crise sanitaire majeure

Une crise sanitaire majeure surviendra nécessairement, et notre société d'internet, de rumeurs et de médias y est bien moins préparée que dans les temps de pouvoir fort. La crise se caractérise en effet par la recherche effrénée d'informations, et il faut avoir le courage d'accepter les informations qui contredisent l'idéologie, la doctrine ou les procédures.

Entretien avec Xavier EMMANUELLI, ancien ministre, mené par Benoît LESAFFRE, ingénieur général des eaux et forêts, et François VALÉRIAN, rédacteur en chef des *Annales des Mines*

Annales des Mines. Monsieur Emmanuelli, vous avez un parcours engagé de médecin et de militant. Vous avez cofondé Médecins sans frontière (MSF) en 1971, créé le SAMU dans les années 1970, créé le Samu social en 1993, et avez été chargé de l'action humanitaire d'urgence au gouvernement de 1995 à 1997. Vous avez également écrit sur l'exclusion et la pauvreté. En décembre 2006, le Ministre de la Santé, Xavier Bertrand, a créé le Comité d'initiative et de vigilance civique (CIVIC), dont il vous confie la présidence. Il lui demande de proposer des actions de mobilisation de la société civile dans la perspective d'une crise sanitaire exceptionnelle, et de réfléchir sur la manière de maintenir une vie ordinaire en situation extraordinaire.

Notre première question porte sur ces actions de mobilisation. Quelles sont vos propositions ?

Xavier Emmanuelli. Tout d'abord, c'est mon patron, le Professeur Huguenard, qui a créé le Samu en 1972. J'étais son assistant. Le SamuSocial je l'ai créé en 1993 sur le modèle du SAMU (médical).

Il est clair que je ne suis pas le seul chargé de cette mission sur les crises sanitaires exceptionnelles. Il existe plusieurs plans très cohérents, interministériels, pour faire face à une crise sanitaire majeure, à la fois économique et sociale. Les plans prévoient les stocks, la distribution, les médicaments. Si l'on s'est tourné vers moi, c'est que je suis l'un des rares à avoir vécu une épidémie de choléra à Goma, au Zaïre, en 1994. Plus tôt, en 1989, je suis intervenu avec MSF après le tremblement de terre d'Erevan, en Arménie. Il fallait trouver quelqu'un qui pouvait connaître les problèmes d'organisation, ou plutôt de désorganisation, qui résultent de ces crises, les réactions des victimes et de tous les gens touchés par les nouvelles conditions sociales qui surgissent alors.

A l'époque, j'agissais dans le cadre de MSF, j'étais un médecin d'action confronté à une crise, je collectais les informations et je proposais des actions. Je me suis intéressé au comportement des différents groupes de la popula-

tion, à la circulation des rumeurs, à l'attitude des autorités, et aux souffrances individuelles et collectives.

Après les attentats terroristes de 1995 à Paris, j'ai créé avec le Professeur Crocq les cellules d'urgence médico-psychologiques. Elles existent maintenant dans tous les Samu, mais à l'époque il fallut les imaginer dès l'événement, puis les concevoir dans la durée. Le développement de ces cellules est à mettre en relation avec l'identification du *Post Traumatic Syndrome* (PTSD). Je crois que ce syndrome existe, même s'il est discuté. En tout cas, les cellules d'urgence sont désormais tellement diffusées qu'on en envoie partout : c'en est parfois caricatural.

Sur la base de cette expérience, nous avons réuni des chercheurs, sociologues, historiens, entre autres, de la grippe espagnole. Nous avons fait des recherches sur les attitudes des populations et sur la manière dont elles réagissent à l'événement. Il s'agit de développer des attitudes de prévention culturelle, et non pas seulement mécanique. Par exemple, dans les quartiers en difficulté, un problème de langue se pose. Il ne s'agit plus de savoir comment alerter les populations, mais les différentes sous-populations.

Cependant, le CIVIC est actuellement en panne, ce qui pose problème car une crise de santé publique ne manquera pas de survenir. Comme je le disais, il existe des plans, mais tout le problème est de savoir comment être assez souple par rapport à ces plans.

AdM. Pensez-vous que nos sociétés sont capables de s'organiser en cas de crise sanitaire grave ? Quel doit être le rôle de l'Etat et des pouvoirs publics, des individus, d'organisations intermédiaires ?

XE. Patrick Lagadec a écrit sur la crise et la gestion de crise. Une crise est évolutive. Il y a d'abord l'accident majeur, qu'on peut décrire comme une brusque rupture entre les besoins et les moyens : encore faut-il connaître les uns et les autres ! En effet, les besoins qui apparaissent ne sont pas seulement matériels, ce sont aussi des besoins de communication. Or, notre société ouverte dépend des médias, dont

la logique se développe plutôt dans l'information sensationnelle, les failles, les cas particuliers. Le pouvoir doit ensuite réagir à l'information diffusée par les médias, car l'information construite de l'Etat paraît suspecte, non légitime.

C'est donc l'information touffue qui sera dominante, et cette information proviendra des rumeurs, d'internet. Cette information déterminera les comportements, et rendra difficile la prise de décision. En fait, notre société est bien moins préparée à la crise que lorsque le pouvoir contrôlait davantage l'information. Il existe plusieurs centres de décision, et chacun de ces centres sera affecté par la culture du parapluie. Chaque décideur se demandera comment être couvert, et aura peur d'être soit en-deçà, soit au-delà de l'événement. Un « Monsieur crises » doit avoir le cœur bien accroché. La tendance naturelle en cas de crise sera le contrôle maladroit de l'information et de la décision, et donc en temps de crise, l'armée et la police auront le dernier mot.

AdM. Est-ce que nos institutions seraient menacées ?

XE. Une crise ne se gère pas démocratiquement.

AdM. Vous auriez dit que « Dans toute crise, apparaissent des leaders qui savent ce qu'ils ont à faire ». Est-ce votre diagnostic si, par exemple, la grippe aviaire devenait une épidémie humaine ?

XE. Ce sont des leaders spontanés qui apparaissent. Voyez ce qui se passe sur la route. Quand un accident survient, un leader émerge. Malheureusement, le leader entraîne des mouvements de foule. L'aventure de l'Arche de Zoé l'a encore illustré. Un leader autoproclamé est intervenu sur fond de crise, en disant qu'il n'y avait personne pour traiter un problème, alors qu'il y avait foisonnement d'ONG et d'agences internationales.

Nos procédures sont faites pour la stabilité, et sont bousculées par la crise. Lors de la canicule de 2003, le gouvernement a souhaité prévenir l'angoisse en rassurant les gens : c'était le fameux « *everything's under control* ». La tendance de tout gouvernement est de se précipiter dans des stratégies de contrôle, et de contrôle de l'information. La crise se caractérise en effet par la quête incessante d'informations. On connaissait le Chikungunya, maladie endémique dans le détroit du Mozambique. Il n'y avait aucune raison pour qu'elle devînt épidémique à la Réunion. Or, elle l'est devenue. Il y a donc eu retard dans la quête d'informations, mais cette quête nécessite le courage de considérer des informations inédites, absurdes. Ce qui est nouveau aujourd'hui, ce sont les médias, et il faut les prendre en compte. Rappelez-vous le vieil adage : « On est toujours prêt pour la guerre précédente ».

AdM. Est-ce qu'on ne peut pas néanmoins apprendre de la crise précédente ?

XE. On sera toujours confronté à l'inconnu, car il faut une grande liberté d'esprit pour faire le diagnostic d'une crise. Nous sommes prisonniers de l'idéologie, de la doctrine et des procédures. Par idéologie, j'entends le « politiquement correct », le principe de précaution, l'incapacité à admettre des failles. La doctrine est l'application des stra-

tégies, l'entraînement par rapport à des choses connues, comme les attentats NBC (1) ou la canicule. La détermination des besoins est difficile, car la crise est toujours « à côté ». Par contre, ce qui est constant, c'est l'inquiétude de la population, les besoins en hébergement, en énergie, eau, sanitaire, alimentation, distribution de tout. Il s'agit d'éviter la crise dans la crise.

Une crise est le plus souvent imprévisible. Le nuage de Tchernobyl était totalement imprévisible. On a dit « Le vent n'a pas soufflé », au lieu de mesurer les taux de radioactivité. Il n'y a pas eu de directive, mais une autocensure liée à la pratique du parapluie.

AdM. Vous agissez auprès de personnes exclues. Dans votre livre *L'homme n'est pas la mesure de l'homme* (Ed. Presses de la Renaissance, 1999) vous écrivez que ces personnes ont perdu tout rapport avec le temps.

En cas de crise sanitaire grave, qu'est-ce que cela implique ? Plus généralement le rapport au temps n'est-il pas susceptible de changer pour chacun ?

XE. Il me faut répéter que la crise est une brusque rupture entre besoins et moyens. L'autorité doit adapter pragmatiquement et cyniquement les besoins aux moyens, ce qui implique un triage, des priorisations. Je vais vous donner un exemple, de mon ancien patron.

Imaginons qu'il existe dans une ville donnée un caisson hyperbare d'une place, pour le traitement des intoxications au monoxyde de carbone. Le Samu est appelé pour une famille victime de ce gaz. La grand-mère est diabétique, le père est alcoolique, la mère est enceinte et il y a des enfants. Qui passe en premier dans le caisson ? La réponse est simple : celui qui passe en premier est celui qui a le taux de monoxyde de carbone le plus élevé dans le sang, sans considération de l'âge ou de la condition de la personne.

AdM. Faudrait-il d'autres stratégies en cas de crise ?

XE. Non, mais cet exemple illustre l'aggravation de l'inégalité sociale dans une crise.

AdM. Dans *L'homme en état d'urgence* (Ed. Hachette, 2005) vous portez un regard critique sur l'obsession de l'urgence dont fait preuve notre société qui, à trop se focaliser sur la crise, oublie de s'interroger sur l'avant et l'après. Pour vous, l'urgence ne devrait être qu'une « méthode pour sortir de l'urgence ». Cela vous semble-t-il s'appliquer à nos crises sanitaires vécues (pensons au SRAS, au chikungunya) ou craintes (le risque de pandémie aviaire) ?

XE. L'urgence doit être prise à deux niveaux sémantiques. En fait, l'urgence est la méthode pour sortir de l'extrême précarité. Une société doit se mettre en perspective, et ne peut tout faire sur le mode de l'urgence. Un exemple : on a fait de l'urgence la modalité courante d'admission à l'hôpital. Le résultat : six heures d'attente, et la disparition du triage en amont par le généraliste qui se retrouve alors en aval.

Note

(1) NBC : nucléaire, bactériologique, chimique.

Le changement du climat peut-il avoir un effet sur les maladies infectieuses ?*

L'amélioration de la santé des populations a toujours représenté un objectif primordial pour justifier les programmes de développement. Aujourd'hui, ce même développement, en modifiant le climat, risque fort de menacer la santé en créant des risques nouveaux. Le changement climatique étant maintenant enclenché, il faut tenter d'en réduire les effets et surtout trouver le moyen de s'y adapter au mieux, en misant sur un facteur proprement humain : l'adaptabilité culturelle. Pour ce faire, nous devons replacer la question des maladies infectieuses dans son cadre général, tout à la fois bioclimatique, socio-économique et politique.

par François RODHAIN**

Le climat a toujours varié, nous le savons tous et l'étude des carottes des glaces polaires le montre bien. L'homme a été le témoin des dernières glaciations, de l'assèchement progressif du Sahara, du « Petit Âge Glaciaire » du XVII^e siècle qui succédait à un Moyen-âge plutôt chaud.

Cependant, le caractère exceptionnel et rapide du changement climatique que nous subissons aujourd'hui n'est guère contestable. Nous voyons bien la banquise se disloquer, les glaciers alpins reculer, les pistes de ski dépourvues de neige, mais aussi les ravages des cyclones et les inondations catastrophiques, des vagues de sécheresse et des canicules. Les spécialistes nous disent que, durant le XX^e siècle, les continents et les océans se sont réchauffés, que la répartition des précipitations a changé ; ils décèlent aussi des phénomènes plus discrets comme des décalages dans les dates des migrations des oiseaux ou celles de la floraison des arbres fruitiers ; ils constatent que les coraux blanchissent. La plupart des scientifiques s'accordent aujourd'hui à penser que les activités humaines ont une part importante de responsabilité dans ce changement.

Ces phénomènes nous inquiètent tous, d'autant plus que nous en ignorons l'ampleur et la durée.

Dans ce contexte d'incertitude, les spéculations vont bon train et, parmi de nombreuses conséquences de ce changement climatique, d'aucuns nous prédisent l'arrivée brutale en Europe de toutes les maladies « tropicales ». Qu'en est-il exactement ?

Les caprices du climat

Il convient, en premier lieu, de distinguer le risque météorologique et le risque climatologique. Les phénomènes en cause dans l'un et l'autre cas sont, en effet, bien différents, même s'ils sont étroitement liés.

Nous observons d'une part une augmentation de la fréquence et peut-être de l'intensité d'événements météorologiques brusques et localisés tels que tempêtes et ouragans,

pluies diluviennes et inondations, épisodes de canicule et vagues de sécheresses inhabituelles. Beaucoup de ces épisodes paraissent en rapport avec un autre phénomène climatique, survenant de manière cyclique mais d'ampleur variable, baptisé « El Niño » ; il s'agit d'un dérèglement climatique se manifestant par une augmentation de la température des eaux côtières dans le Pacifique et un déplacement de ces eaux chaudes d'ouest en est, entraînant cyclones et pluies diluviennes sur les côtes habituellement arides du Pérou et de l'Equateur, sécheresse et incendies en Asie orientale. Le phénomène inverse (« La Niña ») se produit ensuite. On observe des répercussions, parfois catastrophiques, de ces anomalies sur l'ensemble de la zone intertropicale et, à tort ou à raison, certains ont estimé pouvoir établir une relation directe entre El Niño et l'apparition de certaines épidémies.

D'autre part, se manifeste un changement à long terme du climat, progressif, profond et probablement durable. Ce changement climatique est loin de se réduire à un simple réchauffement dans la mesure où tous les facteurs du climat sont interdépendants et subissent des variations concomitantes. Ce phénomène de changement global, le seul que nous aborderons ici, apparaît donc extrêmement complexe et l'analyse des mécanismes en cause et des effets possibles s'avère très délicate.

Que nous disent les climatologues ?

On estime que le changement climatique actuel est principalement dû aux gaz à effet de serre. Ces gaz (gaz carbonique, méthane, vapeur d'eau...) présents dans l'atmosphère ont tendance à absorber le rayonnement infrarouge émis par la Terre. C'est un phénomène normal qui n'a rien de nocif en soi. Ce qui est en cause actuellement, c'est l'effet de serre additionnel causé par la forte augmentation de la concentration de ces gaz, ce qui entraîne une augmentation de température atmosphérique puisqu'alors la Terre perd

moins d'énergie (rayonnement infrarouge émis) qu'elle n'en reçoit (rayonnement solaire absorbé).

En fonction du volume des émissions de gaz à effet de serre liées aux activités humaines, les experts du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) proposent différents scénarios, comportant un réchauffement de 1,7 à 4°C d'ici la fin du siècle (estimation moyenne de 3°C), plus accentué aux hautes latitudes. Mais ces chiffres sont d'ores et déjà considérés par beaucoup de scientifiques comme traduisant une approche très prudente ; il se pourrait bien que l'évolution du climat soit plus forte encore.

Il y a donc tout lieu de penser que toutes les causes des modifications du climat vont en effet persister, voire s'accroître, dans les décennies à venir. Mais, de toute manière, même si, du jour au lendemain, les émissions de gaz à effet de serre venaient à se stabiliser, le phénomène est maintenant enclenché et l'inertie du système est telle que l'augmentation de la température se poursuivrait encore durant un siècle au moins. Nous devons donc nous faire à cette idée et chercher à nous préparer au mieux, à nous adapter en conséquence.

La difficulté des prévisions

D'emblée, la difficulté que nous rencontrons en tentant de faire des prévisions dans ce domaine tient à plusieurs raisons, dont trois apparaissent particulièrement importantes :

- ✓ l'incertitude des prévisions des climatologues ; or, c'est précisément sur les prévisions des climatologues que les épidémiologistes vont se fonder pour faire leurs propres prévisions ;
- ✓ notre grande méconnaissance du fonctionnement des écosystèmes et des modalités de leurs adaptations ;
- ✓ l'impossibilité d'une expérimentation en vraie grandeur.

Un autre point illustre bien la difficulté de l'approche des phénomènes complexes. Si, comme on le dit certainement à juste titre, « la température augmente », de quelle température s'agit-il ? De la température moyenne annuelle ? De celle de l'hiver (ce qui paraît le plus probable) ou de celle de l'été ? De celle de la journée ou, plus vraisemblablement, de celle de la nuit ? Autrement dit, allons-nous vers des hivers plus doux ou vers des étés caniculaires, ou les deux ? Des journées torrides ou des nuits moins fraîches, ou les deux ? Et comment évolueront parallèlement les précipitations ? Aurons-nous des hivers pluvieux, des étés particulièrement secs ? Ou bien l'inverse ? Et que signifie une augmentation de température au beau milieu de la forêt équatoriale ? Et quels effets attendre en milieu urbain ?

En fait, l'augmentation de la température est surtout perçue dans les pays tempérés ou froids ; dans la zone intertropicale, ce sont les changements dans les précipitations qui sont d'emblée remarqués. Et ces modifications survenant dans les niveaux d'humidité risquent d'avoir une importance plus grande encore que celles de la température pour notre propos ; or, les climatologues nous disent bien que les pluies se renforceront ici et diminueront là. A l'évi-

dence, les effets de tels changements ne seront pas les mêmes partout.

Autant de questions apparemment simples mais appelant des réponses complexes. Et en l'absence de réponses claires, nous percevons bien déjà le caractère approximatif de beaucoup des analyses qui nous sont présentées, ici ou là. Gardons-nous, par conséquent, de toute conclusion simple et générale.

Les effets prévisibles sur les maladies infectieuses

On conçoit facilement que les systèmes épidémiologiques soient sensibles au climat et à ses variations. Ce qui ne veut pas dire pour autant qu'il soit facile de prévoir les conséquences et de définir les mesures à prendre. En effet, la répartition et la fréquence d'une maladie infectieuse dépendent d'une multitude de facteurs, certes climatiques et écologiques, mais aussi des facteurs socio-économiques qui, tous, varient en permanence, notamment du fait des activités humaines. Il est donc bien difficile de faire la part des choses et de déterminer la responsabilité de chacun de ces facteurs lorsque survient un quelconque changement épidémiologique. Les exemples sont nombreux où, devant un phénomène épidémiologique inattendu, le changement du climat fut accusé, manifestement à tort. Cela montre bien qu'il nous faut faire preuve de beaucoup de prudence et de discernement dans nos prévisions.

Considérations générales

En théorie, les effets du changement global du climat concerneront les différents éléments des systèmes épidémiologiques, chacun de ces éléments évoluant pour son propre compte, indépendamment des autres :

- ✓ les agents infectieux : sélection génétique de populations mieux adaptées, avec éventuellement modification de leur infectivité ou de leur virulence ;
- ✓ les vertébrés réservoirs, disséminateurs, etc. : redistribution (en latitude et en altitude, en plus ou en moins : expansion ici, régression là) et variation de l'abondance, modifications de la physiologie, du comportement, de la dynamique des migrations, de la structure génétique des populations, etc., ceci, aussi bien pour ce qui concerne les animaux sauvages que les animaux domestiques et les populations humaines ;
- ✓ les éventuels vecteurs (insectes et autres arthropodes) responsables de la transmission : redistribution et variation de l'abondance, modifications de la physiologie, du comportement, de la dynamique des populations (longévité, durée du cycle de développement, etc.) et de leur structure génétique.

En outre, les effets du changement climatique se feront sentir sur les relations que ces organismes ont établies entre eux et, par conséquent, sur les modalités de transmission. Ainsi, dans le cas d'une transmission vectorielle, on pourrait observer une modification de la durée de l'incubation extrinsèque (durée du développement du micro-orga-

nisme chez le vecteur), ou encore de la transmission de l'agent infectieux d'une génération à la suivante, etc. D'une manière générale, une élévation de température diminue la durée de l'incubation extrinsèque (ce qui facilite la transmission) mais diminue également la durée de vie de l'insecte (ce qui diminue le risque de transmission), sauf en cas d'augmentation concomitante de l'humidité. Une pluviométrie accrue tend généralement à augmenter la densité des vecteurs et donc le degré du contact homme-vecteur. De telles modifications peuvent ainsi aboutir à des changements dans la capacité vectorielle de tel ou tel insecte pour un agent pathogène donné ou dans l'exposition à l'infection par tel ou tel micro-organisme. Tous ces effets peuvent,

Ces effets seront-ils progressifs et durables ou, au contraire, brusques et temporaires ? Prendront-ils la forme d'épidémies massives, d'un renforcement d'une endémie, de l'allègement d'une autre ? Il demeure bien difficile de répondre à ces interrogations. Un fait reste toutefois certain : le changement climatique aura des répercussions, même si les risques réels demeurent difficiles à évaluer. Seront surtout affectées les maladies dont la transmission est liée à un écosystème particulier ou à une saison donnée, ou encore celles dont l'agent présente un cycle biologique impliquant un hôte animal précis, dont la présence ou le comportement dépendent des conditions climatiques. Les modèles mathématiques commencent à nous fournir des



© Pierre Vernay/POLAR LYS/BIOSPHOTO

Nous voyons bien la banquise se disloquer...

selon les cas, s'additionner ou, au contraire, se contrebalancer au moins partiellement. Dans tous les cas, de nouveaux contacts se mettront en place, de nouveaux cycles de transmission entreront en fonctionnement, avec de nouvelles expositions et de nouveaux risques.

Globalement, les impacts sur la transmission des maladies pourraient se manifester sous trois aspects :

- ✓ modification des répartitions géographiques des zones d'endémie et/ou de la dissémination d'épidémies ;
- ✓ modification des saisons de transmission, avec des conséquences sur l'immunité des populations ;
- ✓ modification des intensités de transmission, avec des conséquences sur l'incidence (nombre des cas) et sur l'immunité des populations.

projections intéressantes, mais ils ne peuvent pas encore prendre en compte de manière suffisante certains facteurs, tenant, par exemple, au comportement humain.

En réalité, nous risquons surtout d'observer des « effets de frange », c'est-à-dire des évolutions sur la périphérie des aires de répartition, là où les conditions de circulation des agents infectieux sont des conditions limites. En plein milieu d'une zone d'endémie, où la maladie est solidement installée, il est peu probable qu'une augmentation de 2 ou 3°C de la température, ou quelques centimètres de pluie en plus ou en moins aient un réel effet sur la transmission.

Par ailleurs, nous ne devons jamais oublier que, devant une situation inhabituelle, quelle qu'en soit la cause, les capacités de détection et de réaction des pays dépendent

de l'efficacité de leur système de santé et, par conséquent, varient grandement en fonction de leur niveau de développement.

Quelques exemples de maladies infectieuses risquant de voir leur situation se modifier

Prenons l'exemple du paludisme dont certains nous présentent la prochaine arrivée en Europe. C'est oublier qu'autrefois, et notamment durant des périodes où le climat était nettement plus rigoureux qu'aujourd'hui (comme pendant le Petit Âge glaciaire du XVII^e siècle), le paludisme régnait sur une grande partie de l'Europe. La température n'est donc pas ici le facteur limitant. Cette parasitose a d'ailleurs progressivement disparu du continent, principalement à cause du développement économique du pays et de l'élévation du niveau de vie de la population. Le paludisme est davantage une maladie de la pauvreté qu'une maladie spécifiquement tropicale. On constate d'ailleurs que, malgré l'introduction répétée de sujets parasités (les cas importés sont au nombre de 5 000 à 10 000 par an en France et ne cessent de croître avec le tourisme), aucune reprise de la transmission n'est observée alors que les moustiques vecteurs potentiels sont encore présents et que les températures d'été permettraient toujours la réalisation du cycle biologique du parasite. Quelle que soit l'évolution du climat, une réinstallation du paludisme en Europe paraît aujourd'hui d'autant plus improbable que, si jamais elle s'amorçait, nous le détecterions aussitôt et aurions les moyens d'éliminer rapidement les foyers de transmission.

Sur le continent africain, de loin le plus affecté par cette endémie, une résurgence du paludisme dans les régions d'altitude est constatée ici et là depuis une vingtaine d'années, particulièrement en Afrique orientale et à Madagascar (où une grave épidémie s'est déclarée sur les Hauts Plateaux à la fin des années 1980, alors que la maladie en avait été éliminée au début des années 1960). Bien entendu, le réchauffement du climat fut immédiatement accusé. Sans toutefois exclure formellement une influence du climat, l'analyse précise du phénomène montre qu'en réalité il peut être expliqué par le rôle conjoint de plusieurs facteurs : conversion de zones humides défavorables aux anophèles en cultures avec création de retenues d'eau constituant, elles, de bons gîtes larvaires, augmentation de la densité du bétail (source de sang pour les vecteurs), arrêt de la prophylaxie médicamenteuse systématique et développement des résistances aux médicaments ; arrêt de la lutte anti-vectorielle régulière. Ces facteurs ont été suffisants pour qu'en quelques années le paludisme retrouve ses limites d'antan, ou même gagne quelques territoires nouveaux récemment peuplés en raison de l'augmentation de la pression démographique.

En revanche, les vagues de sécheresse qu'on connues les zones sahéliennes d'Afrique de l'ouest, par exemple au Sénégal ou au Niger, depuis les années 1970 ont bel et bien entraîné, en supprimant nombre de collections d'eau, une forte régression de l'endémie palustre.

Mais d'autres maladies, elles aussi transmises par des moustiques, seraient, aux yeux de certains, menaçantes pour

nos pays européens. Les plus souvent citées à cet égard sont la fièvre jaune, la dengue et, plus récemment, l'infection par le virus chikungunya. Ce dernier virus est connu depuis plus de cinquante ans mais le public français n'en a réellement découvert l'existence qu'à l'occasion de l'épidémie survenue en 2005-2006 dans des îles de l'Océan Indien, notamment à La Réunion. Ces trois affections virales ont pour vecteurs des *Aedes*, c'est-à-dire des moustiques domestiques dont le mode de vie est très différent de celui des anophèles responsables de la propagation du paludisme. Le premier de ces vecteurs, *Aedes aegypti*, est un moustique très étroitement lié à l'environnement urbain. Ses larves se développent dans de petites collections d'eau accumulées dans des gîtes artificiels tels que les vases de fleurs et les récipients de stockage d'eau (gîtes présents toute l'année dans les agglomérations où l'adduction d'eau n'est pas assurée jusqu'aux habitations) ou encore les récipients abandonnés çà et là et remplis d'eau de pluie (bouteilles vides, boîtes de conserve, vieux pneus et carcasses de voitures, etc.) qui pullulent dans toutes les villes lorsqu'aucun système réellement fonctionnel de voirie et de collecte des ordures ménagères n'est en place. Les adultes, eux, vivent généralement dans les maisons et leurs dépendances où ils piquent très bien l'homme. Quant à *Aedes albopictus*, autre vecteur impliqué dans la propagation de certaines de ces viroses, il présente des préférences écologiques assez voisines mais en conservant toutefois des attaches rurales. Autrement dit, il est moins bien adapté au milieu véritablement urbain que le précédent et prolifère surtout dans les villages ou en zone périurbaine. D'ailleurs, si ses larves peuvent parfois se trouver dans les mêmes récipients artificiels que celles d'*Ae. aegypti*, elles fréquentent plutôt les creux d'arbres ou les coques de noix de coco. La pullulation, souvent considérable, de ces moustiques est donc liée avant tout à une question d'hygiène du milieu urbain et, par conséquent, au comportement de chacun pour ce qui est de l'habitat privé et à l'efficacité des services municipaux pour ce qui concerne l'espace public. Une fois encore, nous retrouvons là une dimension sociale, culturelle et économique qui, dans l'appréciation des risques sanitaires, l'emporte généralement sur les conditions proprement climatiques.

Pour ce qui concerne l'Europe du sud, et notamment la France, on peut considérer que, dans les conditions actuelles, le climat n'y constitue pas un réel obstacle à la transmission de ces maladies. Le moustique *Ae. aegypti* était présent autrefois dans le bassin méditerranéen jusque dans les années 1950 ; son compère *Ae. albopictus* s'est y installé à son tour, notamment en Italie à partir de 1991 (où il a permis le développement d'une petite épidémie due au virus chikungunya en 2007), ainsi que sur la Côte d'Azur (Menton, Nice) depuis 2005. Toutes ces régions seraient donc potentiellement réceptives ; souvenons-nous des terribles épidémies de fièvre jaune d'autrefois qui ont décimé les populations de Séville, de Cadix, de Barcelone, de Marseille, de Livourne, etc. et de la fameuse épidémie de dengue qui a sévi à Athènes en 1927-28.

Est-ce à dire que, par l'intermédiaire de touristes revenant d'un séjour tropical et susceptibles d'introduire le

virus, nous pourrions voir ces trois maladies s'installer en France ? En théorie, oui. On ne peut exclure la survenue de quelques cas autochtones de dengue ou de bouffées d'infections à virus chikungunya. Cependant, nous devons considérer, pour les raisons indiquées plus haut, le risque d'endémisation en Europe comme nul pour ce qui concerne la fièvre jaune (pour laquelle nous disposons d'un bon vaccin), comme relativement faible pour la dengue et possible pour le virus chikungunya. Et ce, quelle que soit l'évolution du climat. Le cas échéant, nous devrions avoir les moyens de nous opposer à la dissémination des virus en diagnostiquant immédiatement les premiers cas, en les isolant, et en

dantes et des inondations), les vibrions vont pulluler et se fixer sur les minuscules crustacés du zooplancton qui, eux-mêmes, se mettent à proliférer et peuvent alors jouer un rôle majeur, en constituant un énorme réservoir pour ces germes et en les transportant sur de grandes distances grâce aux courants marins. Le réchauffement global de la surface de la mer aura ainsi un effet déterminant sur les épidémies de choléra, pour peu que, par ailleurs, les facteurs environnementaux et socio-économiques des populations humaines exposées soient eux aussi favorables. Inévitablement, ce dernier aspect, le développement économique, revient constamment dans l'évaluation du risque, ce



© Abbas/MAGNUM PHOTOS

Les rizières constituent, avec le tube digestif des ruminants, une source majeure de méthane, « gaz des marais », l'un des principaux gaz à effet de serre (rizière iranienne, près de Ghaemshar).

mettant aussitôt en œuvre une lutte anti-vectorielle efficace.

Le cas du choléra apparaît bien différent. Globalement, nous savons depuis longtemps que les inondations peuvent être à l'origine de la contamination fécale des rivières et des puits, que les périodes de sécheresse tendent à réduire ce risque mais que, parallèlement, la rareté de l'eau potable entraîne inévitablement le manque d'hygiène et augmente ainsi les risques de maladies diarrhéiques. On sait aussi aujourd'hui qu'un lien peut exister entre la survenue des épidémies de choléra et la température de surface des eaux marines. En effet, les vibrions, responsables de la maladie, sont présents dans les eaux marines à faible salinité des zones côtières. Là, à la faveur d'un réchauffement (souvent lié à El Niño qui, par ailleurs, provoque des pluies abon-

qui traduit son importance véritablement décisive. C'est ainsi qu'il n'y a guère de risques de voir le choléra s'installer en Europe occidentale où, de plus, nous devrions être en mesure d'instituer, dans de bonnes conditions, un traitement adéquat, fondé sur la réhydratation des patients.

Avons-nous, aujourd'hui, des preuves tangibles d'un impact d'une variation du climat sur la situation épidémiologique d'une maladie infectieuse ?

Apparemment non. Mais nous avons de forts soupçons.

Pour ce qui est des risques pour la santé animale en France, un rapport de l'Agence française de Sécurité sanitaire des Aliments (AFSSA) préconisait, en 2005 [1], de sur-

veiller attentivement la situation de six maladies infectieuses considérées comme les plus à même de s'étendre ou d'arriver sur notre territoire : fièvre catarrhale ovine (une virose du mouton à transmission vectorielle arrivée en Corse en 2000), fièvre de la Vallée du Rift (une affection virale des ruminants africains susceptible d'entraîner, chez l'homme, une maladie parfois très grave, transmise par moustiques et absente de France), fièvre due au virus West Nile (une autre virose à moustiques actuellement en pleine expansion dans le monde et se manifestant épisodiquement dans le sud de la France), leishmaniose viscérale (une maladie parasitaire transmise par des insectes, les phlébotomes, circulant en France parmi les chiens et touchant parfois l'homme), leptospiroses (infections dues à des bactéries présentes chez les rongeurs, transmissibles à l'homme par contact avec les eaux douces) et peste équine (une autre maladie virale transmise par insectes, touchant les chevaux et actuellement absente de France). On notera que, sur ces six affections, cinq admettent une transmission vectorielle.

Outre ces maladies animales, dont certaines sont transmissibles à l'homme, d'autres affections pourraient déjà avoir vu leur aire de répartition modifiée par le changement du climat. Ainsi, il semble bien qu'en Afrique de l'ouest le repliement vers le sud de la fièvre récurrente à tiques soit le résultat d'un assèchement progressif des zones de savanes, à l'instar de ce nous avons mentionné plus haut à propos du paludisme, etc. Il est possible également que l'apparente extension vers le Nord de l'encéphalite à tiques en Suède soit en relation avec la douceur du climat observée dans ce pays depuis les années 1990.

Dès lors, que pouvons-nous faire ? Que devons-nous faire ?

Deux attitudes sont possibles. On peut feindre d'ignorer le danger et ne rien faire. On peut aussi décider de réagir, d'une part en luttant contre l'effet de serre pour tenter de prendre les devants et limiter les dégâts, d'autre part en cherchant à s'adapter pour rendre plus supportables les conséquences du phénomène.

Quatre axes paraissent à cet égard prioritaires :

– Lutter contre l'effet de serre.

Il faut, bien sur, réduire autant que possible nos émissions de gaz à effet de serre. Ce qui n'ira pas sans d'énormes difficultés. Une telle réduction suppose un véritable bouleversement dans nos modes de vie et des contraintes que beaucoup jugeront insupportables et inacceptables.

Un exemple de ces difficultés, parmi beaucoup d'autres, est fourni par la riziculture irriguée. Pour satisfaire la demande mondiale, certains estiment que la production rizicole devra au moins doubler dans les 25 ans à venir. Même si cela ne signifie pas forcément une augmentation proportionnelle des surfaces cultivées compte tenu des perspectives en matière d'accroissement des rendements, du fait du changement climatique, la gestion des ressources en eau va devenir de plus en plus délicate et com-

plexe, et les modalités d'irrigation s'en trouveront changées. Il convient par ailleurs de ne pas oublier que les rizières constituent, avec le tube digestif des ruminants, une source majeure de méthane (« gaz des marais »), l'un des principaux gaz à effet de serre, et qu'elles pourraient ainsi contribuer elles-mêmes au changement climatique.

Par ailleurs, la plus grande part de l'activité industrielle est encore concentrée dans les pays dits justement « industrialisés ». Or, de nombreux pays émergents, comme la Chine et l'Inde, sont devenus de grands consommateurs d'énergie et, de ce fait, contribueront de manière importante au changement du climat de la planète. Comment empêcher ces pays de se développer au même titre que les pays occidentaux l'ont fait depuis 150 ans ? La question dépasse, à l'évidence, le simple domaine de la santé publique ; il s'agit maintenant d'économie politique et de géostratégie. Nous sommes là dans un problème de choix de société à l'échelle mondiale.

– Mettre en place une surveillance épidémiologique adaptée avec un système d'alerte rapide qui permette de détecter tout phénomène inhabituel et de réagir immédiatement de manière appropriée. Peut-être cette surveillance devrait-elle être dirigée en priorité vers les maladies animales, qui risquent d'être concernées en premier. En tous cas, le recours à des outils tels que l'observation satellitaire et les systèmes d'information géographique (SIG) s'avère ici particulièrement précieux pour suivre l'évolution d'indicateurs comme les indices de végétation ou les courbes de température de la surface des mers.

– Instaurer une meilleure communication entre scientifiques comme vis-à-vis des décideurs politiques d'une part, de la population d'autre part afin de lever les interrogations et les inquiétudes plus ou moins fondées.

– Surtout, accroître notre effort de recherche. Dans le domaine de la climatologie bien sûr, pour aboutir à des prévisions plus fiables et précises quant à l'évolution du climat selon les régions. Mais aussi en matière d'écologie générale et d'épidémiologie (par exemple approfondissement de nos connaissances en matière de génétique des populations, développement des modèles mathématiques prédictifs ou des techniques de télédétection, sans toutefois négliger les indispensables approches de terrain), ainsi qu'en sciences sociales pour évaluer et contrôler les comportements face aux nécessaires changements de nos modes de vie.

En conclusion

L'amélioration de la santé des populations a toujours représenté un objectif primordial pour justifier les programmes de développement. Aujourd'hui, ce même développement, en modifiant le climat, risque fort de menacer la santé en créant des risques nouveaux.

Le changement climatique étant maintenant enclenché, il faut tenter d'en réduire les effets et surtout trouver le moyen de s'y adapter au mieux, en misant sur un facteur proprement humain : l'adaptabilité culturelle. Pour ce faire, nous devons replacer la question des maladies infectieuses

dans son cadre général, tout à la fois bioclimatique, socio-économique et politique.

La principale cause de complexité réside dans l'interconnexion de tous les facteurs concernés. Toute intervention sur un paramètre donné, qu'elle soit naturelle ou anthropique, peut déclencher une cascade d'effets difficilement prévisibles. Pour évaluer les risques d'abord, pour définir les mesures à prendre ensuite, une approche multidisciplinaire est donc plus indispensable que jamais. Il faudra bien faire travailler ensemble non seulement médecins et vétérinaires, microbiologistes, épidémiologistes, écologistes et entomologistes, mais aussi les spécialistes de climatologie, d'agronomie, hydrologues, économistes, urbanistes, etc. et coordonner à l'échelle planétaire leurs recherches et leurs actions. Un vrai défi !

Notes

* Cet article reproduit en grande partie l'un des chapitres d'un ouvrage de Maxime Schwartz et François Rodhain, paru récemment aux éditions Odile Jacob, sous le titre : « Des microbes et des hommes. Qui va l'emporter ? ».

** Professeur honoraire à l'Institut Pasteur.

Bibliographie

[1] Rapport sur l'évaluation du risque d'apparition et de développement de maladies animales compte tenu d'un éventuel réchauffement climatique, [rapport de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA), daté du 8 mars 2005 et consultable en ligne à l'adresse URL suivante : <http://www.afssa.fr/Documents/SANT-Ra-Rechauffementclimatique.pdf>]

Histoire et actualité du réseau international des Instituts Pasteur

La création, le maintien et la poursuite de l'extension du Réseau des Instituts Pasteur sont sans équivalent dans le monde. Pourquoi en est-il ainsi ? A l'origine, le prestige de Louis Pasteur conduisit à la création des premiers établissements du Réseau. Du fait qu'ils étaient mus par l'objectif de rendre service au pays hôte, les instituts ont pu se maintenir quelles qu'aient été les vicissitudes politiques.

par Maxime SCHWARTZ, *Institut Pasteur*

Les microbes n'ont aucun mal à franchir les frontières instituées par les hommes. C'était vrai hier, et ça l'est aujourd'hui davantage, encore, en raison du développement des transports internationaux de personnes, d'animaux et de denrées alimentaires. Pour prévenir les épidémies, il est donc indispensable d'exercer une surveillance et de coordonner des mesures de contrôle sur l'ensemble de la planète. C'est l'un des objectifs actuels de grands organismes internationaux comme l'Organisation mondiale de la santé. Cependant, bien avant la création de ces organismes, Louis Pasteur avait compris la nécessité de ne pas limiter la lutte contre les maladies infectieuses au territoire national, et il avait posé les premiers jalons d'un réseau international d'institutions consacrées à cette lutte, qui est resté le seul du genre, de nos jours encore.

Pourtant, Pasteur n'a guère voyagé hors de France. Certes, au début de sa carrière, on le vit à Bruxelles, à Leipzig, à Dresde, à Vienne ou à Prague, à la recherche de para-tartrate, objet de ses premières découvertes dans le domaine de la cristallographie, que les industriels ne parvenaient plus à produire. Ses études sur la bière le conduisirent en Angleterre, où il se rendit, son microscope sous le bras, pour enseigner les bonnes pratiques aux brasseurs britanniques, et au Danemark, où il reçut les hommages du fondateur des Brasseries Carlsberg. Mais cela ne représente qu'un maigre bilan. En fait, Pasteur n'a guère plus quitté la France, sur toute la durée de sa carrière, que ne le ferait aujourd'hui un chercheur un tant soit peu actif en un ou deux ans. Il n'empêche qu'à sa mort, en 1895, ses travaux et sa réputation avaient fait le tour du monde et que des institutions destinées à collaborer avec l'Institut Pasteur s'étaient implantées, durablement, sur tous les continents.

Amérique du Sud

Le 11 Septembre 1880, Sa Majesté Pedro II, Empereur du Brésil, écrit à Monsieur Pasteur :

« Je viens de lire encore, écrit-il, votre communication du 9 août à l'Académie des sciences et vous prie de m'entretenir quelques fois de vos recherches sur les

infections et la théorie des ferments, si cela vous est agréable. Je n'allègue que mon amour pour la science et les bons rapports que j'ai pu avoir avec vous à Paris ».

Cette lettre s'inscrit dans une correspondance qui a débuté, dès 1873, entre Pasteur et l'Empereur, prince cultivé, sensible à l'importance, pour l'humanité, de la science et de ses progrès. Pedro II, nommé membre associé étranger de l'Académie des sciences en 1877, effectue de fréquents voyages en France, vient écouter les communications de Pasteur et visite son laboratoire à l'École normale supérieure. Il remet à Pasteur les insignes de Commandeur de l'Ordre de la Rose et il est un des premiers à s'associer à la souscription internationale en vue de la création de l'Institut Pasteur.

Ces relations amicales entre Pasteur et l'Empereur Pedro II ont créé un courant de collaboration entre les pasteuriens et le Brésil. Dès 1886 (soit un an, seulement, après la première vaccination contre la rage), l'Empereur envoie à Paris un jeune médecin brésilien, Augusto Ferreira dos Santos, lequel ouvre, à son retour au Brésil, un institut antirabique (à Rio de Janeiro). En 1896, quelques mois après la mort de Pasteur, l'Institut Pasteur accueille le brésilien Oswaldo Cruz, qui devait créer à Rio, en 1908, l'Institut qui porte son nom.

En 1901, l'Institut Pasteur, à la demande du gouvernement français, envoie au Brésil une mission dont l'objectif était d'approfondir « l'hypothèse moustique » dans la transmission de la fièvre jaune, et d'en « étudier la prophylaxie et le traitement ».

Cette mission permit de préciser les principes d'une stratégie de prévention fondée sur la lutte contre le vecteur (le moustique). Paul-Louis Simond, un des membres de cette mission, mit ces règles de prévention en pratique, en guidant Oswaldo Cruz, chargé, en 1903, de l'assainissement de la ville de Rio de Janeiro ; cela allait permettre d'éradiquer la fièvre jaune de cette ville et, ce, dès 1906.

Par la suite, de nombreuses collaborations se sont développées entre l'Institut Pasteur et l'Institut Oswaldo Cruz, tout particulièrement en parasitologie (paludisme et maladie de Chagas), ainsi qu'avec plusieurs autres pays

d'Amérique du Sud. Il convient de ne pas oublier non plus les Instituts Pasteur créés dans deux départements français, la Guadeloupe et la Guyane. Le dernier Institut Pasteur en date a ouvert ses portes, en 2006, à Montevideo (en Uruguay).

Amérique du Nord

Le premier essai de vaccination contre la rage, sur le petit Joseph Meister, date du 6 juillet 1885. Au début du mois de décembre de la même année, six enfants sont mordus par un chien enragé à Newark, près de New York. Les quatre enfants les plus atteints sont alors envoyés à Paris pour y être traités par Pasteur. Chaque jour, durant la traversée, la presse rend compte de leur voyage et de leur état.

A leur retour aux États-Unis, les enfants, tous en parfaite santé, sont accueillis comme des héros. Ils ne sont pas encore rentrés chez eux que des médecins américains, enthousiastes, annoncent la création d'instituts Pasteur avant la lettre, dans plusieurs villes de leur pays. Deux sont effectivement créés à Chicago et à New York, mais ils ne connaîtront qu'une existence éphémère (si tel n'avait pas été le cas, le premier Institut Pasteur n'aurait pas été français, mais américain !). Si les États-Unis n'hébergent pas d'institut Pasteur aujourd'hui, un de leurs plus grands

centres de recherche, l'Institut Rockefeller pour la recherche médicale, devenu l'Université Rockefeller, a été créé, en 1901, sur le modèle de l'Institut Pasteur. De plus, de nombreux laboratoires de ce pays entretiennent des collaborations étroites avec leurs homologues de l'Institut Pasteur à Paris. Enfin, au Canada, l'INRS-Institut Armand Frappier, lui aussi créé sur le modèle pasteurien, est rattaché au Réseau des Instituts Pasteur, depuis 2005.

Europe

Mars 1886. Nous sommes à Smolensk, en Russie. Un loup enragé sème la terreur sur son passage. Il mord très gravement 19 personnes avant d'être abattu à coups de hache. Les 19 Russes sont immédiatement dirigés vers Paris au laboratoire de Pasteur (sis à l'École normale supérieure), où ils arrivent dans un état terrible. Trois des « mordus » ne peuvent être sauvés, mais seize échappent à une mort quasi-certaine.

Lorsque ceux-ci rentrent dans leur pays, le tsar Alexandre III, pour exprimer sa reconnaissance, envoie le prince Alexandre d'Oldenbourg porter à Pasteur un don de près de 100 000 francs or (environ 500 000 de nos euros actuels), pour la fondation de l'Institut. Le prince repart convaincu de la nécessité de créer un centre antirabique



© INSTITUT PASTEUR

Le réseau des instituts Pasteur a été le premier réseau international de veille sanitaire.

dans son pays. À la demande du prince, Pasteur envoie son neveu et préparateur Adrien Loir à Saint-Pétersbourg.

Loir prend le train le 14 juillet 1886 en fin d'après-midi, porteur d'une cage contenant deux lapins qu'il venait d'inoculer le matin même de la rage, en présence de Pasteur. Ces lapins devaient servir de source de virus pour préparer le vaccin. Dix jours plus tard, le 24 juillet, les premiers mordus étaient inoculés et le centre antirabique de Saint-Pétersbourg était ainsi inauguré. Ce devait être le précurseur de l'actuel Institut Pasteur de Saint-Pétersbourg.

Un autre centre antirabique avait en fait été créé, un mois plus tôt, par Nicolas Gamaleïa, un jeune médecin russe qui avait contribué au traitement des paysans de Smolensk dans le laboratoire de Pasteur, et qui était rentré peu après en Russie avec un lapin inoculé de rage, et par un naturaliste aussi original que génial, Elie Metchnikoff. Celui-ci, qui a découvert la phagocytose, est aujourd'hui considéré comme le père de l'immunologie dite « cellulaire ». Il reçut le prix Nobel en 1908 (avec Paul Ehrlich, l'un des pères de l'immunité dite « humorale », fondée sur l'action des anticorps).

Dès 1888, Gamaleïa et Metchnikoff quittent Odessa pour Paris, où Pasteur leur offre de diriger deux des cinq premiers laboratoires de l'Institut, qui vient d'ouvrir ses portes. Ils devaient être les premiers d'une véritable colonie russe, dont l'importance fut grande dans le développement de l'Institut.

Outre l'Institut Pasteur de Saint-Pétersbourg, d'autres instituts, portant ou non le nom de Pasteur, se sont créés dans divers pays d'Europe, qui participent, aujourd'hui, au « Réseau International des instituts Pasteur et instituts associés ». Ce fut le cas, notamment, en Grèce et en Roumanie.

Australie

En Novembre 1887, le gouvernement des Nouvelles Galles du Sud, devenues par la suite une des provinces de l'Australie, offre une récompense de 25 000 livres à quiconque trouvera le moyen d'anéantir les lapins sans être nuisible aux autres animaux. En effet, introduits par des propriétaires terriens pour les plaisirs de la chasse, les lapins, qui se sont multipliés à une vitesse vertigineuse, ravagent les terres et ruinent les fermiers.

Pasteur, lorsqu'il prend connaissance de cette annonce, comprend qu'il faut communiquer aux rongeurs « un poison comme eux, doué de vie, et comme eux pouvant se multiplier avec une étonnante fécondité ». Autrement dit, il fallait engager contre eux une lutte biologique. C'est une idée qu'il avait déjà exprimée, dix ans plus tôt, en proposant d'utiliser un agent infectieux pour débarrasser les vignes de l'agent du phylloxera. Il connaissait une bactérie, responsable du choléra des poules, qui était également active sur les lapins. Pasteur expédie alors Adrien Loir aux antipodes, muni de flacons de cultures de choléra des poules. Il espère bien empocher la récompense, qui serait fort utile pour la construction de l'Institut Pasteur. Hélas, lorsque Loir arri-

ve à Sydney, après un long voyage, les autorités ont changé d'avis, et elles lui demandent de laisser hermétiquement fermés ses flacons de microbes. Les causes exactes de ce revirement ne sont pas claires. L'action du lobby des chasseurs, peut-être ? La peur du choléra des poules, sans doute, erronément assimilé au choléra humain. Et puis peut-être aussi, l'irréalisme de Pasteur, qui n'avait pas mesuré l'immense étendue des exploitations agricoles australiennes ! Bref, la guerre bactériologique contre les lapins australiens n'a pas eu lieu... du moins, pas à l'époque.

Cependant l'idée de Pasteur fut reprise en Australie, en 1950, avec l'introduction de la myxomatose, qui fut un remarquable succès, du moins au début. Mais les lapins ont finalement repris le dessus. Plus récemment un autre virus, un Calicivirus, a été utilisé, avec semble-t-il un réel succès. L'avenir dira si cette nouvelle version de la lutte biologique, initialement préconisée par Pasteur, aura finalement raison de la gent lapine sur le continent.

Loir ne put donc engager la guerre bactériologique contre les lapins. Cependant, fort heureusement, il ne quitta pas immédiatement le pays. Outre les lapins, les éleveurs australiens avaient un autre souci : ils étaient confrontés à une mystérieuse maladie du bétail, le *Cumberland disease*, attribuée le plus souvent à des plantes empoisonnées. Loir démontra que cette maladie n'était autre que le charbon, maladie que Pasteur et ses élèves connaissaient bien, pour avoir développé un vaccin contre elle en 1880-1881. Loir entreprit donc de produire le vaccin anti-charbonneux sur place. Pour ce faire il ouvrit un « Institut Pasteur d'Australie », nom quelque peu pompeux pour une modeste bicoque située dans une petite île de la baie de Sydney, dénommée Rodd Island. Encore actuellement, des pancartes rappellent aux visiteurs cette épopée pasteurienne dans le pays. Après le départ de Loir, en 1893, cet institut cessa ses activités, mais la production du vaccin fut reprise par un Australien, John Gunn, grand admirateur de Pasteur, initié à la technique par Loir. Entre 1894 et 1900, huit millions de moutons australiens ont ainsi été vaccinés...sans que cela rapporte un sou à l'Institut Pasteur.

Aujourd'hui, il n'y a pas d'Institut Pasteur en Australie, ni en Nouvelle Zélande, mais il en existe un en Nouvelle-Calédonie.

Asie

Février 1891. Un jeune médecin d'origine suisse, ancien collaborateur d'Emile Roux, avec lequel il a découvert la toxine diphtérique (mais qui avait abandonné, pensait-il pour toujours, l'atmosphère confinée des laboratoires), rentre à Saigon, de retour d'une expédition dans le centre de la Cochinchine. Son nom est Alexandre Yersin. Il écrit à sa mère :

« Je suis allé voir un Monsieur Calmette, médecin de la marine, qui arrive de Paris où il a suivi un cours à l'Institut Pasteur ; il a pu me donner ainsi des nouvelles directes du laboratoire, ce qui m'a fait plaisir [...] il veut fonder à Saigon un laboratoire avec institut antirabique, vaccinal, charbonneux, etc. [...] ».

Envoyé en Indochine par Pasteur, ce Monsieur Calmette, Albert de son prénom, s'attelle aussitôt à la tâche. Adaptation de la préparation du vaccin antivariolique aux bovins locaux, les bufflons ; mise en place d'une véritable campagne de vaccination contre la variole et la rage ; découverte de la sérothérapie antivenimeuse, destinée à protéger la population locale des effets des morsures de cobra ; et, finalement, création de l'Institut Pasteur de Saigon, devenu aujourd'hui, sous le nom d'Institut Pasteur d'Hô-Chi-Minh-Ville, le doyen des instituts Pasteur hors de France.

Dès 1893, Calmette rentre en France, où il devait avoir une carrière féconde : création de l'Institut Pasteur de Lille et participation, avec Camille Guérin, à la mise au point du fameux vaccin anti-tuberculeux, le BCG.

Mais l'action pasteurienne en Asie du Sud-Est ne cesse pas avec son départ. En particulier, Yersin, qui n'en avait décidé-ment pas fini avec le laboratoire, fait en 1894, à Hong-Kong, l'une des plus grande découvertes de la médecine, celle du bacille de la peste, ce fléau qui terrorisait l'humanité depuis des temps immémoriaux. Ce bacille, aujourd'hui appelé *Yersinia pestis* en son honneur, est montré en avril 1895 à Pasteur, dont c'est la dernière grande joie scientifique. En 1896, avec l'aide de l'Institut Pasteur, Yersin met au point un sérum anti-pestueux dont les effets sont jugés miraculeux. Cela lui vaut d'être considéré à l'égal du Dieu de la médecine. Il est, encore aujourd'hui, l'objet d'un véritable culte, au Vietnam.

Peu après la découverte du bacille pestueux par Yersin, un autre pasteurien, Paul-Louis Simond, démontre, à Bombay, le rôle joué par la puce dans la transmission de la peste, du rat à l'homme.

Aux Instituts Pasteur créés (par Calmette à Saigon, puis par Yersin à Nha Trang) fait suite une série d'institutions similaires à Hué, Hanoi, Dalat, Vientiane et Phnom-Penh et

même en Chine, à Shanghai. Malgré de nombreuses vicissitudes, plusieurs de ces instituts existent toujours, et continuent d'entretenir des relations étroites avec l'Institut à Paris. Les instituts du Vietnam et du Cambodge ont joué récemment un rôle de tout premier plan dans la lutte contre le SRAS (syndrome respiratoire aigu sévère), puis contre la grippe aviaire.

Ces dernières années, de nouvelles implantations pasteurien-nes ont été établies dans cette partie du monde. Après la création, en 1999, d'un laboratoire mixte entre l'Institut

Pasteur et l'Université de Hong Kong – là même où Yersin découvrit le bacille de la peste – de nouveaux instituts ont ouvert leurs portes, à Shanghai (où un premier institut avait cessé ses activités, en 1936), et en Corée du Sud. Enfin, un nouvel Institut Pasteur doit prochainement ouvrir ses portes au Laos.

Afrique

La première im-plantation pasteurienne sur le continent africain s'effectua à Tunis. Le décret beylical créant le labora-toire qui devait ultérieurement prendre le nom d'Institut Pasteur de Tunis est daté du 7 septembre 1893. Le Résident général avait demandé à Pasteur de bien vouloir envoyer en Tunisie un de ses élèves pour y étudier les moyens d'améliorer la vinification,

assez difficile à réussir, à cause du climat.

Fort opportunément revenu d'Australie, Adrien Loir est prêt pour cette nouvelle mission. Suite à la demande du Résident général, il doit d'abord examiner à quelle température le moût s'élève, dans les cuves, puis chercher à diminuer cette température et, une fois le vin obtenu, proposer une méthode permettant de le pasteuriser. Mais Pasteur lui a aussi demandé d'étudier, en Tunisie, les maladies de l'homme et des animaux.

Cette deuxième partie de la mission prend rapidement le pas sur la première. L'Institut Pasteur de Tunis devait devenir un des plus prestigieux en matière de maladies



© IP Dakar/INSTITUT PASTEUR

Les instituts Pasteur ont survécu à la décolonisation (Institut de Dakar).

infectieuses. Prestige dû, pour une très grande part, à celui qui fut son directeur pendant 33 ans, Charles Nicolle, qui reçut le prix Nobel de médecine en 1928 pour ses travaux sur le typhus, et particulièrement la découverte du rôle joué par les poux dans la transmission de cette maladie.

La Tunisie ne resta pas la seule destination des pasteuriens en Afrique. Ainsi, quelques mois à peine après la mort de Pasteur, en mars 1896, Émile Marchoux, élève d'Émile Roux, arrive au Sénégal. Il ouvre un premier laboratoire à Saint-Louis, qui devait être le précurseur de l'actuel Institut Pasteur de Dakar. Cet institut, l'un des fleurons du réseau international, a notamment été très en pointe dans les travaux sur le paludisme et la fièvre jaune. L'institut de Dakar collabore étroitement avec un autre institut Pasteur de cette région du monde, celui de Madagascar, qui participe également de façon très active aux travaux sur le paludisme. Ce dernier institut s'est aussi distingué par ses travaux sur la peste, contre laquelle un vaccin y a jadis été mis au point. Parmi les autres Instituts Pasteur d'Afrique, celui de Bangui, en République Centrafricaine, d'ouverture relativement récente (1961), s'est distingué par ses travaux sur le sida et les fièvres hémorragiques, comme la fièvre Ebola.

Le « Réseau international des instituts Pasteur et instituts associés »

Si Pasteur ne fut pas réellement un grand voyageur, son nom avait donc fait le tour du monde de son vivant. Son prestige s'était étendu jusqu'aux contrées les plus reculées, relayé par ses élèves ou ses admirateurs. On a vu qu'il a su exploiter cette notoriété pour encourager la création, dans le monde entier, d'instituts participant à la diffusion de disciplines pasteurienne comme la microbiologie et l'immunologie. Ces créations n'étaient pas le fruit du hasard. Voici, en effet, ce qu'il disait :

« Il est donc certain que, pour la France, un seul établissement [l'Institut Pasteur] peut suffire. Pour l'Amérique du Sud, le Chili, le Brésil, l'Australie [...] il faudra évidemment former, dans l'établissement de Paris, de jeunes savants qui iront porter la méthode dans ces lointains pays. »

Pour ces « jeunes savants », les Calmette, Loir, Yersin..., qui, les premiers, allèrent porter au loin la méthode pasteurienne et créer des instituts en Indochine, en Australie, à Tunis ou à Saint-Petersbourg, il s'agissait, avant tout, de faire bénéficier les populations de ces lointains pays des découvertes de la science. À l'expérience, cette action, de nature clairement humanitaire, devait à son tour faire progresser la science. Ainsi, c'est en voulant protéger les paysans indochinois contre les effets des morsures de serpents que Calmette découvrit la sérothérapie antivenimeuse. Et c'est en soignant les malades du typhus que Charles Nicolle, dans l'institut créé par Loir à Tunis, élucida le rôle du pou dans la transmission de cette maladie. Cette dualité entre recherche et activités plus spécifiquement médicales, illustration du lien étroit, maintes fois souligné par Pasteur, entre

la science et ses applications, est demeurée la caractéristique fondamentale de tous ces instituts.

Depuis le début des années 1970, l'ensemble de ces instituts est regroupé dans ce que l'on appelle aujourd'hui le « Réseau international des Instituts Pasteur et instituts associés », qui comprend une trentaine de membres, répartis sur les cinq continents et regroupant près de 10 000 personnes.

Ce réseau constitue une interface privilégiée entre les pays du Nord et ceux du Sud. Ces instituts, dont beaucoup sont des avant-postes dans des pays ravagés par le paludisme, la tuberculose ou le sida, ont une connaissance intime de la réalité de ces fléaux. Pour les combattre, ils s'efforcent de faire bénéficier les populations locales des avancées les plus récentes de la science mondiale. De plus, ce réseau joue un rôle de sentinelle dans la détection de l'émergence de maladies infectieuses sur tous les continents.

Les missions des instituts du Réseau peuvent être définies comme suit :

- ✓ **recherche scientifique**, particulièrement dans le domaine des maladies infectieuses ;
- ✓ **santé publique** : surveillance sanitaire et épidémiologique. La quasi-totalité des instituts du réseau sont responsables de centres nationaux de référence ou de centres collaborateurs de l'OMS ;
- ✓ **services** : centres d'analyses biologiques, laboratoires d'hygiène alimentaire et de l'environnement, centres de vaccinations, consultations médicales spécialisées, etc. ;
- ✓ **enfin, formation** de cadres scientifiques et de techniciens, nationaux ou régionaux.

Le réseau comporte, d'une part, des Instituts et des Fondations placés sous la responsabilité de l'Institut Pasteur à Paris et, d'autre part, des Instituts indépendants relevant, en général, des autorités de santé de leur pays. Cette diversité impose une structure souple. Le réseau est une communauté scientifique fondée sur une démarche de coopération internationale et de cooptation de ses membres. Ceux-ci sont unis par une même culture, la culture pasteurienne, et animés par une même mission : la recherche scientifique au service de la santé publique. Une Charte des valeurs pasteurienne partagées a été adoptée par l'ensemble des membres du Réseau.

Le Conseil des Directeurs, qui se réunit deux fois par an, a pour Président le Directeur Général de l'Institut Pasteur à Paris. Le réseau dispose d'un budget commun, qui soutient des actions communes d'enseignement, la mobilité des chercheurs et la mise en œuvre de la stratégie scientifique.

Depuis 2004, le Réseau s'est structuré sur une base régionale, avec la création de 5 pôles régionaux : Afrique, Amériques, Asie-Pacifique, Europe et Maghreb-Iran. De grands projets régionaux spécifiques ont été mis en place dans chacun de ces pôles. Ces projets, naturellement, correspondent aux maladies affectant plus particulièrement ces régions. Ainsi, par exemple, le grand projet pour la région Asie porte sur les maladies respiratoires aiguës, telles que la grippe et le SRAS. En Afrique, ce sont les fièvres hémorragiques virales, telles que celles dues au virus Ebola ou à celui

de la vallée du Rift, qui font l'objet de programmes prioritaires. En Europe, un programme régional dédié à la recherche et à la surveillance épidémiologique et microbiologique des maladies infectieuses à prévention vaccinale (poliomyélite, diphtérie, rougeole, coqueluche) a été mis en place en 2005.

A côté de ces programmes régionaux, de grands programmes horizontaux ont été mis en place dans l'ensemble du réseau, sur des sujets comme le paludisme, la tuberculose, la dengue, la sécurité alimentaire et, bien entendu la surveillance des épidémies.

Ce dernier programme rejoint les préoccupations des organisations internationales comme l'OMS, dont, d'une certaine façon, le réseau des instituts Pasteur a été le précurseur.

La naissance des organisations internationales de santé publique

En effet, c'est bien à l'époque de Pasteur, et à Paris, qu'ont été posées les fondations de l'OMS et d'autres organisations comme le Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF) ou l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE). À la suite de l'épidémie de choléra qui fit des ravages en Europe occidentale entre 1830 et 1847, fut réunie, en 1851 à Paris, la première Conférence sanitaire internationale ; cet événement a marqué le début d'une coopération multilatérale dans le domaine de la santé publique. Une autre Conférence se tint, toujours à Paris, en 1903, mais ce n'est finalement qu'en 1908 que fut mis sur pied l'Office international d'hygiène publique (OIHP), qui regroupait 22 pays, et où les débats étaient menés exclusivement en français.

Après la Première Guerre mondiale, fut créée la Société des Nations (SDN) et une « Commission des épidémies » (devenue, par la suite, « Organisation d'Hygiène ») fut constituée au sein de cette organisation. Enfin, la conférence des Nations Unies de 1945, réunie à San Francisco, décida la création d'une organisation sanitaire unique pour

toutes les questions relevant de la santé publique : l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Ayant son siège à Genève, elle entra en vigueur en 1948. Il faut retenir qu'un médecin polonais issu de l'Institut Pasteur, Ludwik Rajchman, fut l'un des principaux artisans de la création de l'OMS. Précurseur dans le domaine de la prévention, Rajchman fut une des figures marquantes des institutions sanitaires et humanitaires internationales de la première moitié du XX^e siècle. Il fut, de 1921 à 1939, directeur de

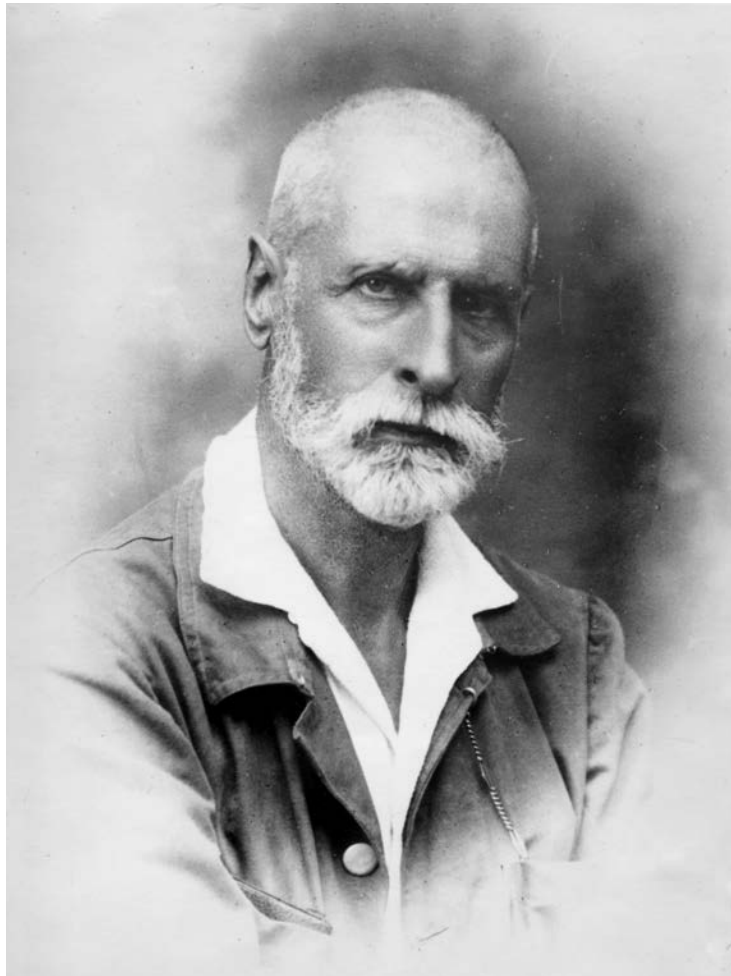
l'Organisation d'hygiène de la SDN. Il fut également l'initiateur de la création du Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF) en 1946 (il en fut le premier Président) et, en 1950-1965, le cofondateur, avec Robert Debré, du Centre international de l'enfance.

Un des premiers travaux de l'OMS consista en l'élaboration d'un « Règlement sanitaire international » (RSI), adopté par les États membres en 1951 et plusieurs fois révisé depuis, sa dernière version datant de 2005. À l'origine, le RSI concernait la surveillance et la prévention des six maladies « quaranténaires » (nécessitant une mise en quarantaine des personnes susceptibles de les avoir contractées) : le cho-

léra, la fièvre jaune, la peste, la variole, la fièvre récurrente à poux et le typhus exanthématique.

Le monde vétérinaire, quant à lui, se dote d'un organisme semblable en 1924 : l'« Office International des Epizooties » (OIE), dont le siège est à Paris et qui est devenu récemment l'« Organisation Mondiale de la Santé animale ». Celle-ci, bien entendu, entretient des liens étroits avec l'OMS et l'« Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture » (FAO), créée en 1945 (dont le siège est à Rome).

Ces organisations internationales jouent aujourd'hui un rôle majeur dans la surveillance des maladies infectieuses dans le monde, formant une sorte d'« Interpol des microbes ». Le Réseau des Instituts Pasteur, avec ses labora-



© INSTITUT PASTEUR

Alexandre Yersin, découvreur du bacille de la peste, fut aidé par l'institut Pasteur.

toires spécialisés implantés sur tous les continents, leur apporte un soutien essentiel.

Pourquoi le Réseau des instituts Pasteur est-il unique en son genre ?

La création, le maintien et la poursuite de l'extension du Réseau des Instituts Pasteur sont sans équivalent dans le monde. Pourquoi en est-il ainsi ? A l'origine, on l'a vu, c'est le prestige de Louis Pasteur qui conduisit à la création des premiers établissements du Réseau. Plusieurs pays ont voulu bénéficier des fruits de ses travaux portant sur les fermentations, sur le rôle joué par les microbes dans les maladies infectieuses ou sur la vaccination. Dans tous les cas, l'objectif était de rendre service au pays concerné, et cet objectif est demeuré prioritaire au cours des années, même si, dans un deuxième temps, les travaux poursuivis dans ces instituts ont permis l'avancement de la recherche internationale et de renforcer le prestige de l'Institut Pasteur. Du fait qu'ils étaient mus par de tels objectifs, les instituts ont pu se maintenir quelles qu'aient pu être les vicissitudes d'ordre politique (liées, par exemple, à la

décolonisation). Les liens n'ont pas été coupés avec l'Institut Pasteur Hellénique sous le régime des colonels, ils ont été maintenus avec les instituts du Vietnam au plus fort de l'emprise communiste sur ce pays et ils restent très solides avec l'Institut Pasteur de Téhéran quelles que soient les relations de l'Iran avec le reste du monde. Certes, il arrive que des instituts traversent des phases difficiles, quelques-uns ont même disparu. Mais, encore aujourd'hui, il s'en crée de nouveaux, à la demande des pays. Le réseau constitue une communauté bien vivante, qui, au-delà de ses missions scientifique et de santé publique, œuvre au rapprochement entre les hommes de tous les pays. Il mériterait d'être mieux connu, et mieux soutenu.

Note

Cet article reproduit en grande partie l'un des chapitres d'un ouvrage de Maxime Schwartz et François Rodhain, paru récemment aux éditions Odile Jacob, sous le titre : « Des microbes ou des hommes, qui va l'emporter ? ». On peut trouver des informations sur la structure et les activités actuelles du réseau des Instituts Pasteur en se reportant au site web : <http://www.pasteur-international.org/>

La modélisation des épidémies de maladies émergentes : les exemples du chikungunya et de la pandémie grippale

Aujourd'hui, pour la première fois dans l'histoire, émerge la possibilité de pouvoir maîtriser des épidémies à leur source, si les moyens nécessaires sont mis en place. Le contrôle de l'épidémie de SRAS (syndrome respiratoire aigu sévère) montre que cette possibilité est réelle, mais qu'elle ne doit pas être interprétée comme une garantie de succès. En effet, cette maladie s'est avérée facile à contrôler au moyen de l'isolement des patients atteints, ce qui ne sera certainement pas le cas avec la grippe pandémique.

par Pierre-Yves BOËLLE*

La condition nécessaire de ces interventions est l'existence d'une épidémiologie d'observation toujours plus performante.

Quand une maladie transmissible émergente apparaît, immédiatement, une question se pose : quel est son potentiel épidémique ? En d'autres termes, doit-on s'attendre à seulement quelques cas ou, au contraire, à une épidémie de grande ampleur ? De quel laps de temps disposerait-on, dans un tel cas, pour intervenir ? Avec quelle intensité devra-t-on le faire ?

Ces questions se posent avec acuité lors de l'émergence d'une maladie encore inconnue, comme ce serait déjà le cas en présence d'une grippe pandémique, mais également lors de la résurgence d'une maladie habituellement absente dans un écosystème particulier, comme ce fut le cas, avec le chikungunya, dans l'île de La Réunion, en 2005.

Avant de décrire les moyens qui permettent de caractériser les « épidémies émergentes », il faut noter qu'il n'existe pas de définition objective de ce concept. Une épidémie est une « augmentation rapide et inattendue, dans un lieu donné et à un temps donné, du nombre de cas » d'une maladie, et le qualificatif « émergente » signifie, quant à lui, qu'il s'agit de la première manifestation de la maladie (dans ce même lieu). Ces différents aspects restent assez subjectifs : ils dépendent de l'échelle de temps considérée, des moyens de caractériser la nouveauté de la maladie, ainsi, bien évidemment, que de la facilité avec laquelle on peut réellement quantifier les cas.

Les concepts de base permettant de décrire une épidémie

L'outil de base de suivi d'une épidémie est la courbe épidémique (voir Figure 1). Celle-ci est construite en reportant sur un graphique l'incidence des cas, c'est-à-

dire le nombre de nouveaux cas détectés, en fonction du temps, mesuré avec l'unité la plus appropriée (heure, jour, semaine...). Cette courbe fournit une description simple, visuelle, du déroulement de l'épidémie. Elle permet, par exemple, de connaître le « temps de doublement » de l'épidémie (c'est-à-dire le temps nécessaire pour que le nombre des cas soit multiplié par deux) et de constater (mais *a posteriori*...) que le pic épidémique a été atteint, que l'épidémie a été de plus ou moins grande ampleur, etc. Il n'existe toutefois pas de règle simple permettant de quantifier précocement le potentiel épidémique de la maladie à partir de cette courbe. Bien que non dénuée d'intérêt descriptif, la courbe épidémique n'est pas un outil d'anticipation. Pour franchir ce pas qualitatif, il faut au préalable pouvoir décrire la progression de l'épidémie en dynamique. Les outils qui vont permettre de le faire sont basés sur une description mécanistique (spécifique à chaque affection) de la survenue de nouveaux cas : la transmission interindividuelle directe (dans le cas de la grippe) ; la transmission par le biais d'un vecteur (un moustique, dans le cas du chikungunya) ; la transmission « environnementale », par consommation d'un produit d'origine bovine, dans le cas du nouveau variant de la maladie de Creutzfeldt-Jacob (la maladie de la vache folle, transmise à l'Homme). Ces outils sont notamment basés sur une modélisation sous la forme d'équations mathématiques. Nous devons les premiers modèles modernes de ce type (datant du début du 20^e siècle) aux épidémiologistes En'ko, Hamer et Ross [1]. Ces auteurs ont proposé une description dite « compartimentale » de la maladie transmissible, en trois phases, chez son hôte : une personne est, successivement, « susceptible » (avant d'être infectée), puis « infectieuse » (lorsqu'elle est infectée et devient contagieuse) et, enfin, « retirée » de la chaîne de transmission de l'épidémie (lors de sa guérison, de sa mise en isolement ou

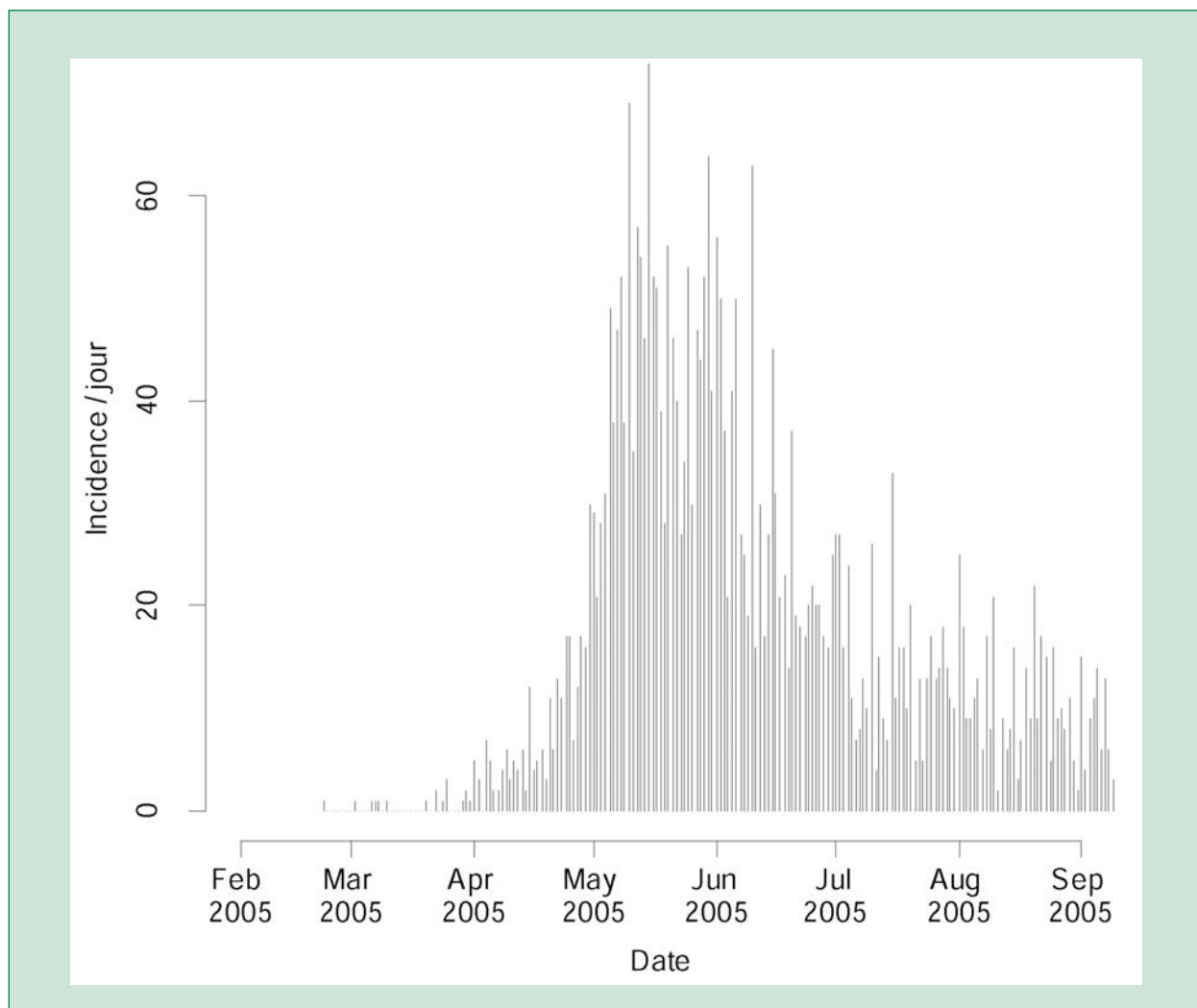


Figure 1. Courbe épidémique des cas de chikungunya à l'île de La Réunion, en 2005 (première vague de l'épidémie). On note la forme typique, en cloche, de la courbe d'évolution du nombre des cas, au cours de l'épidémie.

son décès). Le nom donné aux trois 'compartiments' successifs a consacré l'appellation « S-I-R » désignant ce genre de modélisation. Deux auteurs britanniques, Kermack et McKendrik, ont fourni (dès les années 1930) un cadre mathématique précis au traitement de ces modèles par la formulation d'équations différentielles ordinaires [2, 3, 4]. En résumé, l'incidence de la maladie (fonction dérivée du nombre des 'susceptibles') est décrite par une loi d'action de masse, où les « espèces » en interaction sont, d'un côté les 'susceptibles' et, de l'autre, les 'infectieux'. En effet, c'est au cours de leurs contacts, supposés proportionnels à leurs effectifs, que la maladie sera transmise et que de nouveaux cas apparaîtront. La maladie est supposée guérir à un taux constant dans le déroulement du temps, ce qui permet de compléter le modèle : on s'intéresse dans la suite de l'évolution de l'épidémie plutôt à des cas aigus qu'à des malades qui resteraient 'infectieux' pendant toute leur vie.

Si l'on note $S(t)$, $I(t)$, $R(t)$ les effectifs de la population correspondant aux divers stades de l'infection, c le taux de contact par unité de temps entre personnes, β la probabilité que la maladie soit transmise au cours d'un contact et

enfin D la durée moyenne de la phase infectieuse, les équations proposées sont les suivantes :

$$\begin{aligned}\frac{dS(t)}{dt} &= -\beta c S(t) I(t) \\ \frac{dI(t)}{dt} &= \beta c S(t) I(t) - \frac{1}{D} I(t) \\ \frac{dR(t)}{dt} &= \frac{1}{D} I(t)\end{aligned}$$

Ces trois équations ont eu un retentissement très important, car elles ont permis de progresser dans la compréhension de la dynamique d'une épidémie. En premier lieu, elles permettent, à partir d'hypothèses et de paramètres très peu nombreux, de produire des courbes épidémiques (la valeur de $I(t)$, en fonction du temps), qui présente une forme « en cloche », caractéristique des épidémies observées. Mais ce qui a assuré leur succès, c'est le fait qu'elles fournissent un outil très simple permettant de mesurer le potentiel épidémique : le ratio de reproduction.

Le ratio de reproduction

Dans la dynamique précoce d'une maladie transmissible, un paramètre essentiel est le ratio de reproduction, noté « R_0 » [5]. La valeur de ce paramètre permet de classer les maladies par potentiel épidémique. De plus, il est d'une interprétation fort simple. R_0 correspond, en effet, au « nombre de cas secondaires directement infectés par une unique personne infectieuse, placée dans une population totalement susceptible à la maladie ». L'intérêt du paramètre R_0 est immédiat (comme l'illustre la Figure 2) : si R_0 est supérieur à 1 ($R_0 > 1$) chaque individu infecté va être capable de « se reproduire » en infectant plus qu'un seul autre individu, ce qui permettra à la maladie de se répandre dans la population, causant une épidémie. En revanche, si R_0 est inférieur à 1 ($R_0 < 1$), un individu infecté aura (en moyenne) moins d'un descendant : il n'y aura donc pas d'épidémie. Un parallèle peut être fait entre ce paramètre, R_0 , et le taux de fécondité qui préside à l'évolution naturelle de la taille d'une population, ou encore avec certains paramètres régissant les réactions en chaîne, dans la fission nucléaire. Ainsi, en démographie, il existe un seuil (un peu supérieur à 2, par femme en âge de se reproduire, dans les populations développées) au-dessus duquel la population croît, et au-dessous duquel elle décroît, jusqu'à l'extinction.

L'intervalle intergénérationnel

L'analogie démographique peut aller encore plus loin : en effet, le second paramètre à prendre en compte dans la dynamique d'une maladie transmissible est l'intervalle intergénérationnel, qui mesure la durée typique s'écoulant entre la survenue de la maladie chez un cas (dénommé, par convention, le « parent ») et la survenue de la maladie chez les personnes qu'il va infecter (dénommées, par convention, les « enfants »...). Cet intervalle sera fonction de la durée infectieuse, et il devra prendre en compte une éventuelle latence de l'infection, c'est-à-dire un laps de temps pendant lequel une personne, bien que déjà infectée, ne serait pas encore infectieuse. Dans le cas d'une maladie à transmission vectorielle, le temps de séjour du pathogène chez son vecteur, avant sa réintroduction chez l'homme, s'additionnera à ces deux quantités.

L'évolution précoce d'une épidémie

Les deux quantités définies plus haut ont un rôle complémentaire dans le potentiel épidémique. Plus R_0 est grand, plus l'amplification de chaque nouvelle génération infectée sera grande. D'autre part, plus l'intervalle de génération sera court, plus cette amplification surviendra rapidement. A partir de ces deux paramètres, on peut formuler une approximation à l'évolution précoce de l'incidence de la maladie : celle-ci sera de l'ordre de $I(t) = R_0^{t/D}$, où D représente la valeur de l'intervalle intergénérationnel. Il apparaît donc que l'évolution précoce d'une épidémie est stéréotypée : il s'agit d'une croissance exponentielle, régie par un ratio d'amplification R_0 et par une durée typique D .

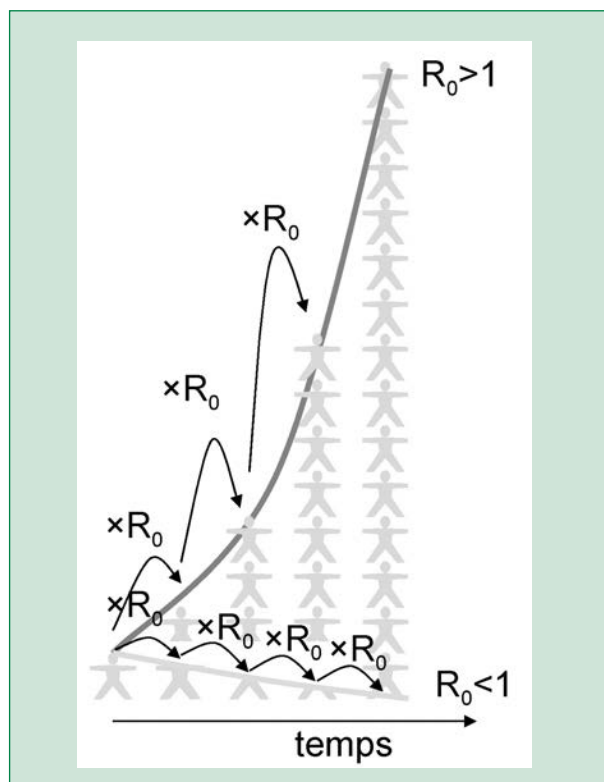


Figure 2. La valeur du ratio de reproduction R_0 détermine l'évolution précoce d'une épidémie. Selon que R_0 est supérieur ou inférieur à 1, une maladie émergente va se répandre ou au contraire s'éteindre.

Le Tableau 1 présente quelques valeurs typiques associées à des maladies courantes, dont la grippe et le chikungunya.

Devant ces valeurs, on doit rappeler les points suivants :

- ✓ Toute valeur de R_0 supérieure à 1 laisse prévoir une épidémie, en absence d'intervention : le ratio d'amplification peut être plus ou moins fort, mais l'augmentation du nombre des cas est inéluctable.
- ✓ C'est la conjonction entre les valeurs de R_0 et de l'intervalle intergénérationnel qui détermine, dans la pratique, le risque et les conséquences potentielles. Ainsi, une maladie présentant un R_0 élevé, mais un long intervalle intergénérationnel (par exemple, la rougeole) peut être

Maladie	R_0	Intervalle intergénérationnel (jours)
Grippe	1,5-2,5	2-4
SRAS	2-3	10
Variole	4-5	20
Chikungunya	3-5	10-15
Ebola	3-4	8-10
Rougeole	12-15	15

Tableau 1. Ordres de grandeur du ratio de reproduction R_0 et de l'intervalle intergénérationnel pour quelques maladies transmissibles.

plus facile à contrôler qu'une maladie comme la grippe (dont le R_0 est plus faible, mais dont l'intervalle intergénérationnel est très court).

Des quantités non observables en pratique

La détermination du ratio de reproduction pourrait être simple, si l'on pouvait observer les événements de transmission : il suffirait de compter le nombre de cas secondaires produits par les quelques premiers infectés, afin de déterminer R_0 . Cette méthode, qui serait simple et directe, est inapplicable dans la pratique. En effet, on ne sait généralement pas qui nous a transmis une maladie, et on le sait d'autant moins dans les cas où sa transmission n'implique pas un contact très rapproché avec la personne infectieuse. Une partie des personnes infectées peuvent, par exemple, être contagieuses avant même de développer les symptômes de la maladie, voire même transmettre la maladie sans jamais en avoir les manifestations cliniques. Dans le cas de la grippe, le virus est transmis par aérosol (gouttelettes microscopiques en suspension dans l'air). L'exposition au virus de la grippe est donc difficile à dater. Dans le cas du chikungunya, il est rare qu'une piqûre de moustique soit facile à dater, car l'on est souvent piqué, durant les saisons propices au développement de ces insectes. Il y a, bien sûr, de rares exceptions, pour lesquelles un tel traçage serait plus simple : les infections sexuellement transmissibles, ainsi que d'autres infections, rares et facilement reconnaissables.

Le recours à des modèles est, dès lors, nécessaire, pour passer des quantités observées (courbe épidémique, par exemple) à l'estimation des paramètres décisifs : le R_0 et la durée de l'intervalle intergénérationnel. Par exemple, on peut, si l'on connaît la durée de l'intervalle intergénérationnel, ajuster une croissance exponentielle aux premières semaines de l'épidémie, afin de déterminer R_0 . Des techniques statistiques plus avancées peuvent être décrites, dans le cadre de la théorie des processus ponctuels.

L'apport de la modélisation

Malgré son interprétation très naturelle dans la dynamique épidémique, la quantité R_0 est un produit de l'analyse mathématique des modèles épidémiques : ce concept n'est apparu que par le biais de la modélisation et ce, relativement tardivement [5]. Plus précisément, une propriété commune des systèmes d'équations différentielles est le fait qu'elles exhibent des comportements qualitativement très différents lorsque l'on fait varier la valeur des coefficients entrant en jeu dans leur écriture. Ainsi, le modèle vu plus haut montre une évolution épidémique typique (c'est-à-dire avec une augmentation, puis une diminution des cas) lorsque la condition $\beta c D > 1$ est vérifiée. Mais dans le cas contraire, il n'y a jamais d'augmentation du nombre de cas. C'est en fait ce produit de paramètres qui définit R_0 ($= \beta c D$), et qui permet une interprétation de cette construction : $c D$ est le nombre de contacts qu'a une personne infectée au cours de sa durée infectieuse D , et $\beta c D$ est en définiti-

ve le nombre de ces contacts qui mènent à une transmission de la maladie puisque β mesure la probabilité de transmission lors d'un contact. Ceci correspond donc *in fine* au nombre de cas secondaires produits par un infecté, lorsque toutes les personnes qu'il rencontre sont susceptibles de contracter la maladie.

L'évolution naturelle d'une épidémie émergente

Une des traductions opérationnelles de l'émergence est le fait que la population touchée est totalement susceptible, lors de l'irruption de la maladie. C'est la caractéristique essentielle qui fait de la maladie émergente un problème de santé publique tellement préoccupant. En effet, les maladies qui sont présentes de manière endémique (c'est-à-dire permanente) dans une population, même si elles ne confèrent pas une protection totale contre une réinfection, vont avoir une population-cible de plus en plus réduite, à chacun de leurs « passages » successifs. En revanche, devant une maladie émergente, la voie est totalement libre : une personne infectée ne va avoir aucune 'difficulté' à trouver, en moyenne, R_0 personnes 'susceptibles', à contaminer au cours de sa vie infectieuse, étant donné qu'initialement, tout le monde est 'susceptible'.

Cependant, au fur et à mesure que la transmission avance, il devient de plus en plus difficile de trouver des personnes susceptibles à qui transmettre la maladie. Bien que le « potentiel épidémique » (mesuré par R_0 et D) ne change pas, la transmission effective de la maladie n'est plus aussi efficace. En fait, le ratio de reproduction effectif, R , s'exprime (lors d'une épidémie en cours) par $R = R_0 s(t)$, où $s(t)$ est la proportion de population 'susceptible', puisque, de tous les contacts en puissance, seule cette proportion pourra effectivement être infectée.

Cette formulation du ratio de reproduction effectif montre également pourquoi une épidémie s'arrêtera un jour. En effet, l'évolution de l'incidence est à chaque instant dictée par $R^{(0)}$ (avec le même raisonnement que plus haut). Mais la valeur de R change avec le temps : elle décroît avec la proportion de susceptibles. Il arrive donc un moment où R est inférieur à 1 : ceci implique que la maladie va régresser, faisant plonger la courbe épidémique dans sa phase décroissante. L'arrêt final de l'épidémie survient avant que toute la population soit infectée : l'analyse mathématique montre que la proportion de la population atteinte en définitive par la maladie sera de l'ordre de $1 - 1/R_0$.

Le contrôle d'une épidémie

La décomposition du R_0 permet également d'orienter les efforts de contrôle. En effet, si l'on arrive à modifier le ratio de reproduction pour qu'il soit inférieur à 1, la maladie ne pourra pas persister. C'est ce qui arrive, naturellement, si on laisse la maladie se propager, mais il existe d'autres manières de modifier ce ratio, notamment au moyen de certaines mesures de précaution. Ainsi, le fait de porter un masque et de se laver les mains va réduire la valeur de β , exprimant la probabilité de contamination lors d'un

contact, et donc réduire aussi la valeur de β c D. Isoler les cas, mettre en place une quarantaine (afin d'isoler les contacts d'un cas infectieux), imposer un couvre-feu, voire, simplement, réduire les sorties d'un malade infectieux sont des mesures qui auront pour effet de réduire le taux de contact, c. Enfin, il sera parfois également possible de réduire la durée, D, de la période infectieuse, par exemple grâce à un traitement adapté (antiviral, antibiotique...) ou encore, en isolant les cas.

Une dernière possibilité (mais non la moindre) est la réduction de la densité (par rapport à la population générale) des personnes susceptibles à l'infection, au moyen d'une immunisation préventive. La vaccination d'une proportion $1-1/R_0$ de la population suffit à empêcher toute évolution épidémique d'une maladie contagieuse, car le ratio de reproduction efficace ne peut jamais être supérieur à 1, dans ce cas.

Bien que la théorie indique qu'une réduction de la contagion est toujours possible, on doit prendre en compte les difficultés pratiques des interventions nécessaires :

- ✓ sait-on reconnaître les cas, afin de pouvoir les isoler, le cas échéant ?
- ✓ la transmission de la maladie peut-elle survenir avant que des cas soient dépistables, par exemple avant les manifestations cliniques de la maladie ?
- ✓ comment les mesures sanitaires, y compris d'exception (quarantaine, couvre-feu) seront-elles reçues par la population, et pendant combien de temps seront-elles supportables ?
- ✓ un traitement, un vaccin, sera-t-il disponible ? Comment celui-ci devra-t-il être administré de la manière la plus efficace dans la population ?

C'est dans ce contexte que la modélisation des maladies transmissibles devient un outil qui permet d'anticiper le développement futur de la maladie, en présence de ces interventions sanitaires, afin de mesurer quelles sont les combinaisons d'interventions qui permettront de la contrôler.

Anticiper, prévoir : applications

Le chikungunya

Le chikungunya est une maladie transmise par un moustique. C'est une arbovirose, c'est-à-dire une maladie virale transmise par un arthropode. Cette maladie, présente par bouffées épidémiques limitées, en Afrique et en Asie, a causé une épidémie de très grande ampleur depuis 2004, touchant d'abord l'Afrique de l'Est, puis les îles de l'Océan Indien, le sous-continent indien, et même une épidémie limitée en Italie durant l'été 2007 (150 cas). A l'île de La Réunion, fin 2006, presque 40 % de la population ont été touchés par la maladie, après environ un an de circulation du virus.

Pouvait-on anticiper une telle flambée ? L'analyse du développement initial de l'épidémie montre qu'une très grande épidémie était possible (Figure 1) : nous avons esti-

mé que le R_0 était de l'ordre de 3 à 4, pour cette maladie [7], ce qui pouvait entraîner l'infection de 66 à 75 % de la population ($1-1/R_0$). Une explication possible de ce différentiel entre taux d'attaque potentiel (66 à 75 %) et réellement observé (40 %) est l'effet des interventions et des modifications de comportements individuels. La sélection des meilleures stratégies d'intervention est encore un sujet de recherche. Faut-il désinsectiser, et à quelle fréquence, faut-il privilégier les interventions individuelles (comme la suppression des lieux de ponte des moustiques (un simple pot de fleur suffit...), ou l'emploi de crèmes répulsives) ? La documentation – exemplaire – de cette épidémie par les autorités de la santé et des équipes de recherche a, par exemple, montré qu'une partie de la population n'était pas convaincue, à l'issue de l'épidémie, du rôle indispensable joué par le moustique en cause dans sa transmission. La possibilité que des foyers infectieux aient été 'entretenus', dans de telles conditions, illustre les difficultés que l'on peut rencontrer dans la transposition des résultats de l'analyse prévisionnelle au terrain.

La grippe pandémique

La grippe est une maladie virale à transmission directe. Tous les trente ans, en moyenne, un nouveau virus de la grippe apparaît, auquel toute la population est susceptible. Ce problème mobilise actuellement, bien au-delà de la seule communauté des épidémiologistes : d'abord, parce que nous sommes entrés dans la fenêtre temporelle d'une possible épidémie (la dernière pandémie a eu lieu en 1968), ensuite parce que la grippe aviaire, qui sévit de façon incontrôlée, en Asie, constitue un réservoir possible pour l'apparition d'un nouveau virus. L'impact dévastateur de pandémies passées (une pandémie est une épidémie affectant toute la planète), notamment la grippe espagnole, en 1918, avec environ 50 millions de morts, justifie, à lui seul, l'intérêt des responsables de la santé publique.

Que disent les modèles ? Lors de pandémies passées, la grippe possédait un R_0 modeste (d'un ordre de 2), allié à un intervalle intergénérationnel court (de 2 à 4 jours). Cet intervalle court rend le contrôle de l'épidémie difficile. Étant donné la valeur de R_0 (pour cette maladie), il suffit d'éviter un peu plus de 50 % de la transmission pour que le potentiel épidémique soit stoppé. Le traitement antiviral disponible permettrait sans doute de réduire la durée de la phase infectieuse D à environ la moitié (D/2), ce qui permettrait cette diminution de la transmission. Cependant, ce traitement antiviral doit être administré dans les heures suivant l'infection, avant que les symptômes ne se manifestent. Étant donné la rapidité requise pour identifier le cas et délivrer le traitement (moins de 48 heures), il est probable que cette mesure ne saurait suffire à contrôler la pandémie, même si le traitement était disponible en quantités suffisantes. Le recours à des interventions non pharmaceutiques est alors nécessaire : il faut réduire les contacts, porter un masque, etc. Les recherches sont actives à cet égard, notamment pour quantifier le pourcentage de personnes qui porteraient un masque, ainsi que le meilleur type de

masque. Sur un autre registre, nous avons montré que la fermeture des écoles, si elle pouvait allonger la durée de l'épidémie et donc réduire le stress sur le système de santé à un moment donné, ne suffirait pas à interrompre totalement la transmission (8). Ce résultat a été rendu possible par une spécificité française : l'existence du réseau Sentinelles (<http://www.sentiweb.org>), créé par le Pr AJ Valleron, qui permet une surveillance de la grippe en médecine générale d'une part; et d'autre part l'existence de zones de vacances scolaires disjointes, en France, à des dates et dans des régions qui varient d'année en année.

Là encore, la modélisation permet de sérier les différentes interventions, et de montrer qu'une combinaison de plusieurs approches permettra, à défaut d'éviter la pandémie, d'en atténuer l'impact.

Conclusion

Aujourd'hui, pour la première fois dans l'histoire, émerge la possibilité de pouvoir maîtriser des épidémies à leur source, si les moyens nécessaires pour cela sont mis en place. Le contrôle de l'épidémie de SRAS (syndrome respiratoire aigu sévère) montre que cette possibilité est réelle, mais qu'elle ne doit pas être interprétée comme une garantie de succès. En effet, cette maladie s'est avérée facile à contrôler au moyen de l'isolement des patients atteints, ce qui ne sera certainement pas le cas avec la grippe pandémique.

La condition nécessaire de ces interventions est l'existence d'une épidémiologie d'observation toujours plus performante. Il est, à ce titre, essentiel que la surveillance des maladies transmissibles soit facilitée, comme c'est, par exemple, le cas avec des outils informatiques dédiés (voir le réseau Sentinelles par exemple, <http://www.sentiweb.org>). Cette surveillance doit être faite dans les conditions qui en autorisent l'exploitation, en temps réel, à des fins épidémiologiques, statistiques, de modélisation et de prise de décision. Ceci oblige donc à clarifier, dès avant l'émergence d'une épidémie, le circuit de l'information, ainsi que l'utilisation qui en sera faite.

Comme dans beaucoup d'autres domaines, la modélisation et l'utilisation de l'outil informatique rendent les possibilités de traitement de l'information très importantes. En effet, il existe des bases de données, notamment démographiques, mais également géographiques, environnementales, etc., qui offrent la possibilité d'incorporer une information *a*

priori sur l'hétérogénéité des environnements, des contacts, qui devraient être associés à une amélioration des prédictions réalisées grâce aux modèles que nous avons évoqués.

Dans ce domaine, deux pistes doivent manifestement être explorées en priorité : la première est le développement d'outils statistiques performants, permettant d'extraire de l'information à partir de données, même partielles. Le recours à des stratégies intensives, telles les chaînes de Markov de Monte Carlo, en est une illustration. La seconde piste est celle du développement d'outils d'analyse et d'aide à la décision en temps réel intégratifs, permettant d'appuyer les décisions en matière de santé publique sur la meilleure analyse possible des faits.

Références bibliographiques

En'ko PD. On the course of epidemics of some infectious diseases. *International journal of epidemiology*. 18 (4):749-55, 1989.

Kermack WO, McKendrick AG. Contributions to the mathematical theory of epidemics--I. 1927. *Bulletin of mathematical biology*. 1991; 53(1-2):33-55.

Kermack WO, McKendrick AG. Contributions to the mathematical theory of epidemics--II. The problem of endemicity. 1932. *Bulletin of mathematical biology*. 1991;53(1-2):57-87.

Kermack WO, McKendrick AG. Contributions to the mathematical theory of epidemics--III. Further studies of the problem of endemicity. 1933. *Bulletin of mathematical biology*. 1991;53 (1-2):89-118.

Heesterbeek JAP. A brief history of R_0 and a recipe for its calculation. *Acta biotheoretica*. 2002;50 (3):189-204.

Cauchemez S, Boëlle PY, Thomas G, Valleron A. Estimating in real time the efficacy of measures to control emerging communicable diseases. *American journal of epidemiology*. 2006 Sep 15;164 (6):591-7.

Boëlle PY, Thomas G, Vergu E, Renault P, Valleron AJ, Flahault A. Investigating a two-wave Chikungunya epidemic, Réunion Island. *Vector Borne Zoo Dis* 2008.

Cauchemez S, Valleron AJ, Boëlle PY, Flahault A, Ferguson NM. Estimating the impact of school closure on influenza transmission from Sentinel data. *Nature*. 2008;452 (7188):750-4.

Note

* Ingénieur civil des Mines de Paris, INSERM U707 : Epidémiologie, Systèmes d'Information et Modélisation ; Université Pierre et Marie Curie, Faculté de Médecine ; Assistance Publique – Hôpitaux de Paris, Hôpital Saint-Antoine.

Écosystèmes, entomologie et lutte anti-vectorielle

L'expérience prouve que le contrôle des maladies à vecteurs est très rarement obtenu par une approche unique, que ce soit la lutte contre les vecteurs, la lutte contre les agents pathogènes ou le contrôle des réservoirs, et que seule une approche intégrée est réaliste. Les nouvelles connaissances et les nouvelles technologies nous offrent des opportunités exceptionnelles de faire un bond en avant vers une lutte anti-vectorielle ciblée, respectueuse de l'environnement, acceptée par la population.

par Didier FONTENILLE*

Le monde change. Il a toujours changé, mais les modifications s'accroissent. Les écosystèmes, qui hébergent homme, animaux, agents pathogènes et vecteurs, évoluent. Les médias s'intéressent régulièrement aux conséquences de ces changements, climatiques en premier lieu, sur l'émergence ou l'évolution de maladies transmises par vecteurs, telles que le paludisme, la dengue, le chikungunya, West Nile, et d'autres encore. Qu'en est-il exactement ? Joue-t-on à se faire peur, ou le risque est-il réel ? Peut-on prévoir les conséquences des changements ? Comment prendre en compte la composante environnementale ? Comment anticiper et répondre, en termes de santé publique ? Pour aborder ces questions, cet article insistera plus particulièrement sur quelques maladies dont les vecteurs sont des moustiques.

Le vecteur, composante de l'écosystème

Un vecteur n'est pas un simple « transporteur » d'agents pathogènes. Il s'infecte en prélevant le virus, la bactérie, la rickettsie, le parasite protozoaire ou helminthe sur un animal porteur, au cours d'un repas de sang. A l'issue d'une période de développement extrinsèque, généralement d'une durée de 5 à 15 jours, au cours de laquelle l'agent pathogène se réplique ou se transforme, le vecteur le transmet à un nouvel hôte vertébré. Les vecteurs ne vont donc transmettre que des parasites sanguins ou dermiques. Seules quelques familles d'invertébrés, parmi les insectes et les acariens hématophages, sont concernées. En revanche, les modes de transmission sont variés, les plus fréquents étant par piqûre (paludisme, chikungunya, maladie du sommeil...), par déjection (maladie de Chagas, rickettsioses) ou régurgitation (peste). L'étude de ces vecteurs constitue l'entomologie médicale et vétérinaire.

Les étudiants en médecine tropicale ou en entomologie apprennent que, pour que la transmission s'opère, il faut faire ménage à trois : l'agent pathogène, l'hôte vertébré et le vecteur. Si cette condition est nécessaire, elle est loin d'être suffisante. En effet, pour qu'un moustique soit un bon

vecteur, il doit piquer l'homme, il doit vivre longtemps et les parasites ou virus doivent pouvoir se répliquer dans son organisme. L'anthropophilie d'un moustique va dépendre de facteurs génétiques intrinsèques, certaines espèces préférant se nourrir sur animaux, mais surtout des opportunités de contact avec l'homme (présence de gîtes larvaires près des habitations, maisons peu protégées des moustiques, comportement « à risque » de l'homme, utilisation de répulsifs). La longévité d'un vecteur va également dépendre de facteurs génétiques, mais surtout de l'environnement, y compris climatique (hygrométrie, température) et, bien sûr, d'une éventuelle lutte anti-vectorielle ou de la présence de prédateurs ou parasites de moustiques. L'efficacité de la transmission dépend donc de nombreuses variables environnementales agissant sur les populations de vecteurs, de parasites, d'hôtes, adaptées à un moment donné à leur biotope, lui-même en perpétuel changement. L'étude des insectes vecteurs est ainsi une composante de l'éco-épidémiologie.

Une manière de quantifier la transmission d'un agent pathogène par un vecteur est la mesure du taux de reproduction de base. Celui-ci, initialement défini par MacDonald en 1957 [1], correspond au nombre de cas secondaires issus d'un cas primaire. Il peut être, de manière simplifiée, caractérisé par la formule suivante : $R_0 = (ma^2 \cdot p / -\ln p) \cdot b \cdot c \cdot 1/r$, où m est le nombre de moustiques en relation avec un homme donné, a le nombre de piqûres sur un homme pour un moustique donné par jour, p le taux de survie quotidien des moustiques d'une population donnée, n la durée de développement de l'agent pathogène chez le vecteur, b la compétence vectorielle (mesurée expérimentalement comme le pourcentage de moustiques qui répliquent et peuvent transmettre l'agent pathogène), c l'efficacité de la transmission de l'homme au moustique, et $1/r$ la durée, en jours, de la période infectieuse pour le vecteur chez l'homme.

Les variables m , a , p , n dépendent toutes de l'environnement et du climat : nature et abondance des gîtes larvaires liés à la pluviométrie, densité de moustiques et vitesse de

développement du parasite ou du virus dépendant de la température, contact entre l'homme et la moustique fonction de l'environnement anthropique, etc. On comprend dès lors qu'il est impossible de déconnecter la transmission de son cadre environnemental.

La lutte anti-vectorielle : une intrusion dans les écosystèmes

Le DDT a été le premier insecticide industriel à être utilisé à grande échelle en santé publique et en agriculture après 1939. On sait que cette molécule organochlorée est toxique, qu'elle s'accumule dans les chaînes alimentaires, et que de nombreux insectes ont sélectionné des résistances à cet insecticide. Bien qu'il reste utilisable dans des situations épidémiques et selon des protocoles évitant son accumulation dans l'environnement, il a été progressivement remplacé par des produits considérés comme moins polluants, tels que les pyréthriinoïdes. Lors de l'épidémie de chikungunya à l'île de La Réunion, les insecticides d'abord utilisés ont été le téméphos contre les larves et le fénitrothion contre les adultes, tous deux de la famille des organophosphorés. Une campagne de presse vigoureuse et une forte mobilisation des habitants et des apiculteurs (qui signalaient une mortalité excessive chez les abeilles) contre ces produits, pourtant recommandés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a conduit à leur remplacement par d'autres biocides réputés ou espérés moins toxiques : le Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*) et la deltaméthrine. Ces deux exemples montrent qu'il est nécessaire d'envisager des stratégies alternatives aux insecticides actuels ou à leur méthode d'utilisation, soit en raison de leur réel potentiel polluant soit en raison de leur non-acceptabilité par les populations. L'insecticide qui serait spécifique de l'espèce cible, efficace, sans résistance chez les insectes, non polluant, non assimilable dans les chaînes trophiques, bon marché et facilement utilisable n'existe pas, mais les recherches doivent avoir comme objectif ce produit idéal.

Quelques exemples de maladies environnement-dépendantes transmises par moustiques

Le paludisme est dû à un parasite sanguin du genre *Plasmodium*, transmis par des moustiques du genre *Anopheles*. Le paludisme, avec ses 4 espèces de parasites *P. falciparum*, *P. malariae*, *P. vivax* et *P. ovale*, est présent sur tous les continents, mais c'est en Afrique intertropicale qu'il est le plus abondant, tuant environ un million d'enfants chaque année. Parmi les 3 500 espèces de moustiques décrites dans le monde, environ 500 sont des anophèles et soixante sont considérées comme vecteur de *Plasmodium* à l'homme. Ces espèces sont généralement nocturnes et elles pondent leur œufs dans des gîtes aquatiques très divers, d'origine naturelle ou créés par l'homme : ornières de bord de route, flaques d'eau, bord de rivières, puits d'irrigation, marécages, rizières, etc. Le paludisme était fréquent en Europe jusqu'au début du siècle dernier. Ce sont des

mesures combinées d'utilisation de médicaments, d'aménagement de l'environnement, en particulier de drainage, de lutte anti-vectorielle et d'amélioration de l'habitat, qui ont conduit à l'éradication de cette maladie en Europe [2]. Les anophèles vecteurs potentiels restent cependant très abondants dans les zones marécageuses, mais étant maintenant peu en contact avec l'homme, et ayant une aptitude réduite à transmettre les *Plasmodium* importés, le risque de réimplantation du paludisme en Europe est considéré comme nul, même en cas de changement climatique.

La dengue et le chikungunya : L'incidence de la dengue, transmise par les moustiques anthropophiles et adaptés à l'environnement urbain *Aedes aegypti* et *Ae. albopictus*, est en augmentation dans le monde. Aucun vaccin ni traitement n'est disponible et la lutte contre les vecteurs reste la seule méthode disponible pour diminuer la transmission. Le virus chikungunya (CHIKV) est connu en Afrique depuis 1953, et des épidémies ayant *Ae. aegypti* comme vecteur ont été observées, dès 1963, en Inde. Comme pour la dengue, il n'y pas de vaccin et pas de traitement autre que symptomatique. De 2005 à 2007 une vague épidémique de chikungunya a circulé du bloc forestier d'Afrique centrale à l'Asie, avec une incursion en Italie en été 2007, suite à l'arrivée d'un homme porteur du virus. Cette épidémie a été marquée par l'implication majeure d'un nouveau vecteur : *Ae. albopictus*. Depuis trois décennies, ce moustique originaire d'Asie a considérablement étendu son aire de distribution, profitant de l'augmentation des échanges commerciaux et de l'urbanisation croissante et il est désormais présent en Europe, sur les continents américain et africain, où il semble peu à peu remplacer *Ae. aegypti*. Si le rôle respectif d'*Ae. aegypti* et d'*Ae. albopictus* dans la transmission n'a pas été bien documenté en Inde, *Ae. albopictus* a été le vecteur majeur, sinon unique, de la transmission en Italie, en Afrique centrale, à La Réunion et à l'île Maurice, et probablement à Mayotte et à Madagascar. L'une des conséquences de la formation du nouveau couple CHIKV-*Ae. albopictus* aura été la sélection et l'émergence d'un nouveau génotype viral. En effet, une mutation virale (E1 V226A) particulièrement adaptée à la réplication du virus dans *Ae. albopictus* [3] a été sélectionnée indépendamment dans plusieurs foyers d'Afrique Centrale et de l'Océan Indien, où ce moustique est présent. Trois facteurs contribuent ainsi à l'émergence du virus chikungunya : l'expansion mondiale d'*Ae. albopictus*, la sélection de génotypes viraux particulièrement réplicatifs dans cette espèce, et l'augmentation des échanges commerciaux et des flux de passagers dans le monde. L'expansion géographique d'*Ae. albopictus* n'étant pas achevée, en particulier en France métropolitaine où il est actuellement présent dans les Alpes maritimes, le Var et la Corse, on doit s'attendre à une poursuite de l'expansion de la fièvre à chikungunya et de la dengue.

La fièvre à virus West Nile : Le virus West Nile (WN), d'origine africaine, circule naturellement entre les oiseaux et des moustiques ornithophiles. En Europe, le virus est transmis à l'homme ou aux chevaux par des vecteurs à préférences trophiques larges : *Culex pipiens* et *Cx. modestus*. Le

virus WN a été détecté en Camargue dès 1962 et, depuis, il a été signalé dans nombreux pays européens. Des épidémies ont été observées à Bucarest en 1996, à Volgograd en 1999 et des foyers équins ou humains plus limités dans de nombreux autres pays, en particulier en France où les cas restent rares. Depuis 1999 le virus WN est responsable d'épizooties massives chez les oiseaux en Amérique du Nord, où de 3 000 à 4 000 cas humains sont signalés chaque année. Ces observations posent deux questions : pourquoi cette épidémie,

et *Cx. p. molestus*) ayant des comportements différents semblent supporter cette hypothèse [5] ; de plus, le comportement trophique peut varier au cours de la saison, en fonction de la disponibilité des oiseaux [6] ;

- ✓ des modifications environnementales rapprochant les moustiques de l'homme : en Roumanie les cas humains sont survenus dans les immeubles insalubres et très peuplés, dont les sous-sols inondés favorisaient la prolifération de *Cx. pipiens*.



© Jacques Boyer/ROGER VIOLLET

Le DDT a été le premier insecticide industriel à être utilisé à grande échelle en santé publique et en agriculture après 1939 (expérimentation du DDT, USA, 1946).

aux USA, et pas en Europe ? Quels facteurs pourrait faire évoluer la situation en Europe ? Trois grandes hypothèses ont été émises, concernant l'émergence d'épidémies de WN :

- ✓ la sélection de génotypes viraux plus virulents pour les oiseaux et l'homme : les virus WN nord-américains sont génétiquement très proches des virus du bassin méditerranéen, mais une mutation (NS3-T249P) sur le gène de l'hélicase a été récemment mise en évidence et pourrait expliquer la virulence des souches nord-américaines [4] ;
- ✓ un comportement trophique différent des vecteurs : des variations de comportements alimentaires, entre ornithophilie et mammophilie, liées à un polymorphisme génétique, pourraient expliquer le passage du virus des oiseaux à l'homme et aux chevaux. Des populations génétiquement différenciées de *Cx. pipiens* (*Cx. p. pipiens*

Faut-il lutter contre les vecteurs ?

La réponse à cette question n'est pas si évidente qu'il y paraît, et ce, pour plusieurs raisons :

- ✓ Pour quelques maladies à transmission vectorielle, il existe un vaccin : c'est le cas de la fièvre jaune, essentiellement cantonnée à l'Afrique noire, mais qui sévit de nouveau en Amérique du Sud en 2008. Malheureusement, le vaccin, parfaitement efficace et bon marché, est très insuffisamment utilisé, essentiellement pour des raisons de logistique et de politique de santé publique.
- ✓ Des médicaments existent pour prévenir ou traiter certaines maladies, comme le paludisme. Ces médicaments de nouvelle génération sont efficaces, dans la plupart des contextes, contre les différents *Plasmodium* para-

sites du paludisme, mais, là encore, le coût, les difficultés logistiques, et parfois la volonté politique, manquent pour mettre en place des politiques de santé publique efficaces. Même en France, en Guyane et à Mayotte, le paludisme continue de sévir localement, alors qu'il n'y a plus que des cas importés en France métropolitaine et à La Réunion (sauf exceptions récentes), malgré la présence de vecteurs potentiels.

- ✓ En dépit d'années de lutte anti-vectorielle contre les vecteurs du paludisme ou de la dengue, ces maladies continuent de sévir, et même de se développer, dans les régions tropicales. La lutte anti-vectorielle ressemble alors au combat d'Hercule contre l'Hydre. Est-il utile de dépenser argent et énergie contre un ennemi perpétuellement renaissant ?
- ✓ Dans l'immense majorité des cas, la lutte anti-vectorielle fait appel à l'utilisation d'insecticides. Même si les pyréthrinoïdes et les insecticides d'origine bactérienne actuellement utilisés sont moins toxiques et polluants, ils restent des pesticides dont l'usage doit être autant que possible restreint.

Cependant, malgré ses imperfections et ses limites, la lutte anti-vectorielle reste, dans un grand nombre de cas, soit l'unique moyen de limiter la transmission, soit un complément indispensable aux autres méthodes de contrôle des maladies pour lesquelles les outils préventifs ou curatifs (vaccin, médicament, aménagement de l'environnement) sont insuffisants. A charge pour les chercheurs, les ingénieurs sanitaires, les décideurs, d'utiliser au mieux les outils disponibles et de développer de nouvelles approches.

La place de la lutte anti-vectorielle en santé publique

L'histoire de la lutte anti-vectorielle est parsemée de succès et d'échecs, dont on doit tirer les leçons pour imaginer les méthodes de contrôle des années à venir. Un des principaux succès est sans aucun doute le programme de lutte contre l'onchocercose, en Afrique de l'Ouest. Une parfaite connaissance des espèces de mouches simuliées vectrices et de leur biologie, une stratégie de rotation d'insecticides adaptée au débit des cours d'eau, soutenue par des efforts financiers et humains considérables, pendant plus de 30 ans, ont permis de contrôler la transmission et de faire en sorte que la maladie ne soit plus désormais un problème de santé publique. Inversement, la tentative d'éradication mondiale du paludisme, par la lutte anti-vectorielle conduite de 1955 à 1968, s'est soldée par un échec dans les pays tropicaux, ce qui a conduit l'OMS à réajuster sa stratégie vers des objectifs plus réalistes de contrôle de la maladie par différentes méthodes (intégrant la lutte anti-vectorielle). D'autres vastes campagnes de lutte n'ont eu qu'un effet temporaire. *Ae. Aegypti*, le vecteur de la fièvre jaune et de la dengue, avait semble-t-il été éradiqué de la plupart des pays d'Amérique du Sud, lors des campagnes conduites contre la fièvre jaune, entre 1916 et les années 1970, par la fondation Rockefeller, puis par la PAHO (Pan American Health Organization). L'arrêt des campagnes de lutte contre

les vecteurs, suite à la généralisation du vaccin anti-amaril, a inexorablement conduit à la recolonisation de tout le continent par cette espèce, maintenant vecteur de dengue. Le contrôle des vecteurs s'est par ailleurs compliqué avec l'apparition et la diffusion des résistances des insectes aux insecticides. Dans le même temps, des considérations de coût, d'acceptabilité, de sécurité, et plus récemment de respect de l'environnement ont conduit les industriels et l'OMS à de nouvelles approches. De nouvelles molécules sont apparues, telles que des insecticides d'origine biologique (*Bacillus thuringiensis*, *B. sphaericus*, Spinosad, etc.), des insecticides régulateurs de croissance, mimétiques d'hormones d'insectes, ou des pyréthrinoïdes, peu toxiques pour les vertébrés homéothermes. De nouvelles formulations et méthodes d'utilisation de ces produits ont progressivement été intégrées dans les programmes de lutte, l'exemple le plus probant étant l'utilisation massive de moustiquaires imprégnées d'insecticides, permettant de transférer la lutte au niveau communautaire. En effet, depuis quelques années, les habitants sont de plus en plus associés à la lutte contre les vecteurs, au niveau familial ou communautaire. Des approches de type COMBI (communication for behavioural impact) se développent et sont particulièrement adaptées aux vecteurs domestiques, tel *Ae. albopictus*, dont la majorité des gîtes larvaires sont de petites collections d'eau créées par l'homme (vases de fleurs, fûts, soucoupes sous les pots de fleurs, récipients abandonnés, vieux pneus...) dans les maisons, ou tout autour [7].

Le cas de la France : comment faire mieux ?

La France ne se réduit bien évidemment pas à la métropole. Les Français ont redécouvert, suite à l'épidémie de Chikungunya dans l'Océan indien, que des maladies aussi exotiques que le chikungunya, la dengue, le paludisme, la leishmaniose, la maladie de Chagas, la filariose lymphatique, pour ne parler que des principales maladies transmises à l'homme par des vecteurs, étaient présentes en France tropicale, et que des cas « importés » étaient diagnostiqués en métropole (par exemple, 5 000 cas de paludisme d'importation par an, près de 900 cas de chikungunya en 2005 et 2006). La lutte contre les vecteurs de ces maladies n'est pas l'application d'une simple recette. On ne lutte pas de la même manière contre les anophèles à l'île de Mayotte, *Ae. albopictus* en Corse ou les punaises vecteurs de la maladie de Chagas en Guyane. Les stratégies doivent tenir compte du système vectoriel (dépendant de l'environnement et parfois imparfaitement connu), de l'arsenal technique disponible, des coûts et de l'acceptabilité par les populations. Dans l'avenir, la lutte contre les insectes vecteurs devra non seulement intégrer les progrès récents des techniques et concepts, mais surtout prendre en compte les évolutions de l'environnement planétaire, des modes de vie et des aspirations des sociétés pour des stratégies de contrôle moins polluantes, plus ciblées et durables, moins coûteuses. Les changements globaux récents, climatiques (réchauffement, pluviométrie, saisonnalité), environnementaux (déforestation, urbanisation, agriculture) et sociétaux (démographie,

pauvreté, déplacements) influencent des systèmes vectoriels issus d'une lente co-évolution entre les vecteurs, les agents pathogènes transmis et les autres composantes des écosystèmes. Des maladies émergent, et d'autres voient leur aire de distribution se modifier. La revendication des populations d'un monde à risque zéro, l'aspiration à une diminution des pesticides dans le contexte du « Grenelle de l'environnement » et du développement durable doivent conduire à développer les recherches sur les risques, sur les systèmes d'alerte précoces et sur de nouvelles stratégies de contrôle des différents types de vecteurs.

Sans prétendre être exhaustif, plusieurs points critiques peuvent être identifiés, et quelques recommandations proposées.

Évaluer les risques

On suspecte que les changements globaux modifient la distribution des vecteurs, leur capacité vectorielle et leur contact avec les parasites et les hôtes, mais, dans le même temps, l'évaluation des risques d'importation, d'installation et de développement de maladies à transmission vectorielle et de nouveaux vecteurs est insuffisamment développée.

Les indicateurs de risques sont souvent mal définis. Faut-il considérer la présence de vecteurs potentiels, leur abondance, l'apparition de cas sporadiques ? L'épidémie de chikungunya à La Réunion relevait de la « chronique d'une épidémie annoncée », de même que celle d'Italie, en juillet 2007 [8], mais des mesures énergiques n'avaient pas été prises, les « voyants » n'étant pas passés au rouge. La surveillance et la lutte contre *Ae. albopictus*, à La Réunion et en métropole, ont depuis été renforcées ; un plan d'action, probablement un modèle du genre, a été mis en place, après consultation des chercheurs, des services de santé, des agences opérationnelles. L'évaluation des risques palustre, West Nile, leishmaniose, en métropole relèvent uniquement (ou très majoritairement) de l'intérêt d'équipes de recherche et de financements internationaux. Le projet européen Eden implique ainsi plusieurs groupes de l'IRD, du CIRAD, de l'EID, du CNRS**, des Universités pour réaliser des études descriptives et explicatives, et développer des modèles de risques. La communication entre les chercheurs et les décideurs est quasi inexistante.

Améliorer les méthodes de lutte actuelles et développer de nouvelles approches

La lutte contre les vecteurs est confrontée à un double défi : mettre davantage à profit la somme considérable de connaissances accumulées depuis de nombreuses années, et faire preuve d'innovation [9]. L'approche immédiate, pragmatique, et déontologiquement prioritaire est de mieux utiliser et de perfectionner les outils dont on dispose et qui ont déjà fait leurs preuves (association d'insecticides, matériaux imprégnés, etc.). La lutte chimique doit être plus spécifique, moins polluante, plus efficace. La détection et la gestion de la résistance aux insecticides sont des priorités. De nouvelles molécules insecticides pour la santé publique doivent

être évaluées et de nouvelles approches utilisant les répulsifs doivent être abordées. Un des freins majeurs à l'efficacité de la lutte anti-vectorielle est l'acceptabilité des méthodes proposées par les populations. Des recherches associant entomologistes et spécialistes en sciences humaines doivent s'intensifier afin de mieux répondre à la demande, aux besoins et aux possibilités financières des habitants. L'éducation sanitaire et la lutte au niveau communautaire doivent être renforcées. Concernant les voyageurs, des solutions simples et efficaces peuvent être proposées associant vêtements imprégnés et répulsifs à longue durée d'action.

Un des objectifs de la recherche sur la lutte anti-vectorielle est de proposer et d'évaluer des méthodes de contrôle non chimiques. Même si dans l'immense majorité des cas la lutte biologique contre les vecteurs s'est révélée décevante (le succès majeur venant de l'utilisation de toxines d'origine biologique issues de *Bacillus*), il est nécessaire de poursuivre des recherches dans ce domaine (autres bactéries, virus, champignons, parasites, prédateurs). Une meilleure connaissance du choix du partenaire sexuel des vecteurs, du gîte de repos et du gîte larvaire des moustiques, l'identification de gènes impliqués dans ces comportements et la compréhension des mécanismes de leur expression pourraient permettre de développer des leurres olfactifs ou visuels. Les données de terrain de biologie des populations d'insectes et les résultats issus des études de génomique devront être mis à profit pour imaginer de nouvelles méthodes de contrôle, en particulier génétiques. Deux approches sont actuellement poursuivies :

- ✓ La technique de lâcher massif de mâles stériles. Cette méthode a été utilisée avec succès sur la mouche myasigène *Cochliomyia hominivorax*, avec un succès localisé sur les glossines à Zanzibar (alors que les résultats étaient décevants sur le continent africain au Nigeria, en Tanzanie et au Burkina Faso), mais a été un échec sur les anophèles. De nouveaux projets de lâcher de mâles stériles d'*An. arabiensis*, vecteur du paludisme et d'*Ae. albopictus*, vecteur de dengue et chikungunya, sont en cours d'élaboration à l'île de la Réunion, ainsi qu'au Soudan et en Italie.
- ✓ La maîtrise récente de la transgénèse chez les moustiques, l'identification progressive de gènes d'intérêt et le développement de colonies d'insectes génétiquement réfractaires à divers agents pathogènes laissent entrevoir une possible utilisation de moustiques génétiquement modifiés incapables de transmettre des virus ou des parasites à l'Homme. Le développement de techniques de paratransgénèse, mettant à profit la présence de bactéries symbiotiques (par exemple de type *Wolbachia*) est également exploré. Les gènes introduits dans les populations naturelles pourraient concerner le comportement (la zoophilie) ou l'immunité (blocage des cycles extrinsèques des *Plasmodium*, des virus de la dengue, etc.). L'utilisation de moustiques transgéniques nécessite évidemment un nombre considérable de recherches en amont pour s'assurer de la faisabilité de l'approche (capacité reproductive des moustiques modifiés, réponse

évolutive des parasites et virus, innocuité, acceptabilité par les populations humaines).

Renforcer et coordonner les efforts de recherche et d'intervention

Les vecteurs ne connaissent pas les frontières. Les réflexions doivent être conduites au niveau européen, ou méditerranéen, et parfois mondial. L'implication progressive du récent ECDC (European center for disease prevention and control) est un progrès. A l'échelle de la France il n'y a pas, pour le moment, de véritable coordination nationale. Plusieurs agences, directions, services, instituts, universités participent à l'évaluation des risques et à des propositions de réponses. Par exemple en 2004 la Direction Générale de la Santé (DGS) a coordonné la rédaction d'une circulaire relative aux mesures visant à limiter la circulation du virus West Nile en France métropolitaine, et en 2007 la rédaction du plan « *Aedes albopictus* et chikungunya », l'Afssa réalise une évaluation des risques pour la fièvre de la vallée du Rift à Mayotte (et dans l'Océan Indien), l'Afssat finance des études sur les nouveaux insecticides, l'InVS est en charge de la surveillance des maladies émergentes, l'IRD coordonne une étude sur l'amélioration de la lutte anti-vectorielle en France. Il faut, en France, développer des systèmes d'alerte précoce, se basant sur l'ensemble des outils disponibles (depuis les réseaux de piégeages d'insectes jusqu'à l'analyse d'images satellitaires). La coordination entre les différents opérateurs français en charge de la lutte contre les insectes nuisants ou vecteurs (ententes interdépartementale (EIDs), conseil général, direction de la santé et du développement social (DSDS), etc.) est encore insuffisante, malgré l'existence de l'Adede (Agence nationale pour la démoustication et la gestion des espaces naturels démoustiqués). Les relations entre ces opérateurs et les équipes de recherche et les décideurs nationaux sont insuffisantes. La loi de santé publique française et les lois de décentralisation qui délèguent la lutte anti-vectorielle au niveau départemental ne permettent pas à toutes les collectivités de réagir efficacement aux menaces avérées ou attendues.

Les connaissances scientifiques sont parfois insuffisantes pour évaluer correctement les risques et proposer des méthodes de lutte efficaces, acceptées par les populations, durables et financièrement réalistes. Les indicateurs d'efficacité de la lutte anti-vectorielle doivent faire l'objet d'une réflexion de fond. Que souhaite-t-on voir diminuer : les gîtes larvaires, les moustiques adultes hématophages, les cas cliniques, les pathologies sévères... ? Des incitations françaises ou européennes doivent être mises en place pour encourager les chercheurs à développer des recherches dans ce domaine.

Les compétences et les ressources humaines sont notoirement insuffisantes sur le territoire français. Il n'y a pratiquement plus de formation en entomologie médicale en France. Un master international en entomologie médicale et vétérinaire a été mis en place en 2006 par l'Université de Montpellier, l'Université d'Abomey Calavi au Bénin et l'IRD ;

l'Institut Pasteur et l'IRD donnent un cours sur les vecteurs tous les deux ans, et quelques universités proposent des modules sur les vecteurs dans les masters ou les écoles doctorales. Il n'existe aucune formation technique au niveau BTS ou licence pro dédiée ou centrée sur la lutte anti-vectorielle.

Conclusion

L'expérience prouve que le contrôle des maladies à vecteurs est très rarement obtenu par une approche unique, que ce soit la lutte contre les vecteurs, la lutte contre les agents pathogènes ou le contrôle des réservoirs, et que seule une approche intégrée est réaliste. Les nouvelles connaissances et les nouvelles technologies nous offrent des opportunités exceptionnelles de faire un bon en avant vers une lutte anti-vectorielle ciblée, respectueuse de l'environnement, acceptée par la population. Dans cette optique le concept de développement durable prend alors tout son sens.

Notes

* Directeur de recherche, entomologiste médical, IRD, UR 016 Caractérisation et contrôle des populations de vecteurs – Montpellier.

** IRD : Institut de Recherche pour le Développement.

Bibliographie

- [1] MacDonald G. 1957. The epidemiology and control of malaria, London, Oxford University Press. 201 pp.
- [2] Alten B, Kampen H, Fonteville D. 2007. Malaria in Southern Europe: resurgence from the past?: Emerging Pests and Vector-Borne Diseases in Europe (W Takken and BGJ Knols, Eds.). Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. p 35-58.
- [3] Vazeille M, Moutailler S, Coudrier D, Rousseaux C, Khun H, Huerre M, et al. 2007. Two Chikungunya Isolates from the Outbreak of La Reunion (Indian Ocean) Exhibit Different Patterns of Infection in the Mosquito, *Aedes albopictus*. PLoS ONE;2(11):e1168.
- [4] Brault AC, Huang CY, Langevin SA, Kinney RM, Bowen RA, Ramey WN et al. 2007. A single positively selected West Nile viral mutation confers increased virogenesis in American crows. Nat Genet;39:1162-6.
- [5] Fonseca DM, Keyghobadi N, Malcolm CA, Mehmet C, Schaffner F, Mogi M, et al. 2004. Emerging vectors in the *Culex pipiens* complex. Science;303:1535-8.
- [6] Kilpatrick AM, Kramer LD, Jones MJ, Marra PP, Daszak P. 2006. West Nile virus epidemics in North America are driven by shifts in mosquito feeding behavior. PLoS Biol;4(4):e82.
- [7] Parks W and Lloyd L. 2004. Planning social mobilization and communication for dengue fever prevention and control: a step-by-step guide. WHO/TDR/STR/SEB/DEN/04.1, 138 p.
- [8] Fonteville D, Failloux A, Romi R. 2007. Should we expect Chikungunya and Dengue in Southern Europe? : Emerging Pests and Vector-Borne Diseases in Europe (W Takken and BGJ Knols, Eds.). Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. p 169-184. 169-184 p.
- [9] Fonteville D. 2006. Vers une meilleure connaissance des vecteurs et de leur contrôle. Rapport sur la Science et la Technologie de l'Académie de Sciences de France, RST24 : La maîtrise des maladies infectieuses(RST24):299-314.

Chikungunya : retour sur une épidémie surprenante et sa gestion

Nul ne peut rester indifférent au fait que, malgré tous les efforts entrepris et malgré tous les moyens déployés, plus du tiers des populations mahoraise et réunionnaise ait contracté le chikungunya en moins de deux ans. Eviter l'épidémie n'était sans doute pas possible et de nombreux facteurs-clés de compréhension de la maladie, de son agent responsable et de son vecteur n'ont été connus qu'*a posteriori*. Toutefois, l'analyse rétrospective tend à montrer que, malgré la réduction, au fil du temps, des moyens consacrés à la lutte anti-vectorielle, les autorités sanitaires ont su s'organiser pour faire face à l'épidémie, et qu'elles ont su en tirer les leçons.

par Evelyne FALIP, Marie BÂVILLE, Bernard FALIU et Yves COQUIN*

En 2005-2006, l'épidémie de chikungunya dans les îles de La Réunion et de Mayotte a constitué un événement majeur. En raison de ses importantes conséquences non seulement sanitaires, mais aussi sociales et économiques pour la population des deux îles, cette épidémie a replacé sur le devant de la scène la question du risque vectoriel, considéré jusqu'alors comme maîtrisé dans des territoires où, comme précisément à La Réunion, le paludisme avait pu être éradiqué. Les maladies transmises par des vecteurs représentent un problème majeur pour la santé publique dans le monde et il est nécessaire d'analyser si ce risque n'a pas été sous-estimé, dans le cas de cette épidémie, et si on en a bien retiré, au contraire, toutes les leçons nécessaires pour l'avenir.

L'importance des maladies vectorielles pour la santé publique

Les maladies à vecteurs constituent un vaste ensemble hétérogène ; elles ont pour point commun leur mode de transmission. L'agent pathogène responsable de ces maladies est, en effet, transmis par un organisme intermédiaire, appelé vecteur. Parmi ces vecteurs, les arthropodes (au premier rang desquels les insectes et, en particulier, les moustiques) jouent un rôle prépondérant. La particularité de ce mode de transmission conduit à regrouper de nombreux virus transmis par des arthropodes sous le nom d'*arbovirus* (acronyme anglo-saxon pour : *arthropod-borne virus*). Il ne s'agit pas, en l'occurrence, d'une classification taxonomique : les arbovirus identifiés sont, en effet, au nombre de plusieurs centaines (ils se répartissent entre un certain nombre de familles distinctes). Sur ce nombre, le caractère pathogène pour l'homme est reconnu pour seulement une cinquantaine. Le chikungunya, comme la dengue ou la fièvre jaune, fait partie des arboviroses. Mais les virus ne sont pas les seuls agents pathogènes à être transmis par des

vecteurs ; c'est aussi le cas de parasites, comme les agents des différentes formes de paludisme, par exemple.

Les maladies vectorielles représentent un enjeu majeur pour la santé publique dans le monde en termes de fréquence, de gravité et d'impact socio-économique. Environ 40 % de la population mondiale sont exposés au paludisme et 300 millions de personnes présentent, chaque année, un accès palustre aigu. Cette maladie est la cause d'au minimum un million de décès par an, principalement de jeunes enfants du continent africain. Elle est responsable d'absentéisme scolaire et de pertes de journées de travail, avec des conséquences négatives pour le développement des pays affectés.

Les maladies vectorielles se présentent souvent sous la forme de maladies émergentes ou ré-émergentes. Le concept d'émergence recouvre plusieurs aspects. Il s'applique, en premier lieu, aux pathologies liées à des agents pathogènes nouveaux affectant l'espèce humaine (par exemple : le sida, le syndrome respiratoire aigu sévère – SRAS – ou la grippe aviaire, liée au virus H5N1, hautement pathogène). Il s'applique aussi à des pathologies connues, bien décrites, dont on découvre *a posteriori* l'agent étiologique (c'est le cas du sarcome de Kaposi, une tumeur de la peau, dont le lien avec l'herpès virus de type 8 (HHV-8) a été récemment découvert). Cette terminologie s'applique, enfin, à des pathologies connues, dont l'agent étiologique est connu, mais dont les manifestations revêtent soudain un caractère inhabituel : c'est le cas du chikungunya, à La Réunion et à Mayotte, responsable d'une épidémie d'une ampleur exceptionnelle et de formes graves, qui semblent n'avoir jamais été observées auparavant. Le rôle que pourraient jouer les moustiques dans la transmission des microorganismes émergents de demain apparaît ainsi particulièrement important ; ce rôle risque, de surcroît, d'être favorisé par des interactions entre environnement, santé animale et santé humaine. Cette émergence est vraisemblable-

blement accentuée par l'évolution des écosystèmes, dans un contexte d'urbanisation non maîtrisée, de réchauffement climatique et d'augmentation des précipitations, dans certaines régions, qui favorise l'implantation et la prolifération de vecteurs pathogènes.

L'émergence d'un phénomène venu nous rappeler que la France n'est pas à l'abri

Le temps est loin, certes, où le paludisme sévissait dans la Dombes. Sur les trente dernières années, le risque vectoriel prenait essentiellement, en France, la forme d'épidémies de dengue, d'une ampleur limitée, dans les départements et territoires français d'Outre-mer, ou celle de cas de paludisme à Mayotte et en Guyane et – rarement – de fièvre jaune, là encore, en Guyane. En métropole, le virus du Nil occidental (West Nile) a fait quelques incursions répétées sur le pourtour méditerranéen, mais sans réussir (pour le moment) à s'implanter et à se développer, contrairement à ce qui s'est passé sur le continent nord-américain, au début des années 2000. Bref, en 2005, à La Réunion, les moustiques sont nombreux et nuisibles, mais ils transmettent peu (ou pas du tout) de maladies : le paludisme est officiellement éradiqué et l'île n'a connu que de petites flambées de dengue. C'est dans ce contexte que va se développer l'épidémie de chikungunya dans l'océan Indien, avec de nombreux facteurs d'incertitude et de surprise, qui vont rendre difficile la gestion de cette alerte sanitaire.

Le 17 mars 2005, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) alerte ses Etats membres sur une épidémie de fièvre sévissant aux Comores, pour laquelle le diagnostic de chikungunya a été porté par un laboratoire expert. La veille, l'ambassade de France aux Comores avait attiré l'attention de la Direction des Affaires sanitaires et sociales de Mayotte sur ce même phénomène. Quatre jours plus tard, la Direction générale de la santé organise une conférence téléphonique permettant le partage de l'information entre administration centrale, services déconcentrés (DRASS de la Réunion et DASS de Mayotte), l'Institut de veille sanitaire (InVS) et le Centre national de référence des arboviroses (le laboratoire expert de la France, dans ce domaine). L'ensemble des participants à la réunion s'accorde pour qualifier d'« important » le risque d'importation du chikungunya dans les îles de l'Océan Indien, en raison d'un courant d'échanges privilégiés entre les Comores et les deux îles de La Réunion et de Mayotte. Très rapidement, l'InVS et son antenne régionale (la Cire) mettent en place (avec l'appui des services déconcentrés, de l'Observatoire régional de la santé et du réseau des médecins sentinelles) un système de veille sanitaire adapté, qui permettra de détecter, le 3 mai, les premiers cas suspects, confirmés (six jours plus tard) par l'apparition de premiers cas groupés. La Réunion va alors connaître une première épidémie de faible ampleur, avec un maximum de 450 cas par semaine, en mai. Les premières mesures mises en place et l'arrivée de l'hiver austral permettent de penser qu'il sera possible de maîtriser la circulation virale. La survenue des premières formes graves (au mois de septembre 2005), la persistance de cas durant tout

l'hiver austral, puis l'explosion épidémique de 2006 (avec un maximum de 46 000 cas en février 2006) montrent qu'il n'en était rien. Au total, les enquêtes de prévalence démontrent que près de 40 % de la population de La Réunion et de Mayotte ont contracté le chikungunya lors de cette épidémie d'une durée inhabituelle, puisqu'elle s'est étalée sur presque deux ans, depuis la survenue des premiers cas en mars 2005, jusqu'à la sortie de l'épidémie, officiellement déclarée en avril 2007.

Face à cette épidémie, les autorités sanitaires ont pu donner à l'observateur extérieur l'impression qu'elles étaient en permanence dépassées par les événements et qu'elles couraient derrière l'épidémie, sans parvenir à la maîtriser. Pour comprendre la situation, il est nécessaire de distinguer trois périodes – très différentes entre elles –, dans cette épidémie.

La première période est celle de l'alerte et de l'implantation du virus chikungunya dans les îles de l'Océan indien. Elle débute en mars 2005 et couvre l'hiver austral, jusqu'au mois de septembre. La réaction, rapide, à l'alerte lancée par l'OMS a permis de détecter précocement les premiers cas et de prendre, autour de ces cas, les mesures de lutte anti-vectorielle adaptées, afin de limiter la circulation virale. Toutefois, les moyens du service de lutte anti-vectorielle de la Direction régionale des affaires sanitaires et sociales (DRASS) de La Réunion se sont trouvés rapidement débordés par le nombre de cas signalés. Dimensionné pour lutter contre le risque de réintroduction du paludisme dans l'île, le service ne disposait ni des moyens humains, ni des moyens matériels nécessaires pour mettre en place une lutte efficace autour de chacun des cas signalés, et les moyens financiers supplémentaires (consentis par l'administration centrale, dès le début de cette phase) n'ont pas suffi pour enrayer précocement l'épidémie.

La deuxième période débute avec l'apparition de formes graves. Le 29 septembre 2005, un des établissements de santé de La Réunion signale l'existence de pathologies neurologiques sévères, d'une part chez des adultes atteints par le chikungunya et, d'autre part, chez des bébés nés de mères infectées. La revue de la littérature scientifique ne permet pas de repérer d'autres cas similaires lors des épidémies antérieures de chikungunya s'étant développées tant sur le continent africain que dans le sous-continent indien. Plusieurs semaines vont alors s'écouler avant que la responsabilité du virus du chikungunya dans ces formes neurologiques graves puisse être établie. Ces semaines d'incertitude ont bridé la communication, et les Réunionnais ont eu (paradoxalement) l'impression qu'on leur cachait quelque chose, alors même que c'était la bonne organisation et la qualité du système de soins local qui avaient permis de détecter très précocement ces nouvelles formes de la maladie et de les prendre en charge de façon adaptée. Il est vrai qu'une communication plus transparente et plus active, faisant part des incertitudes entourant ces signalements, aurait sans doute permis de rétablir une relation de confiance avec les Réunionnais, quand bien même elle eût risqué d'être plus anxiogène.



© Pierre Marchal/LOOK AT SCIENCES

La lutte contre le moustique vecteur est le seul moyen de lutte contre le chikungunya (un malade, 2006).

La troisième période correspond, quant à elle, à l'explosion épidémique. Le début de l'année 2006 est marqué par une croissance exponentielle du nombre de cas. Localement, les capacités de réponse sont dépassées et la communication avec la population et les médias (très virulents à l'encontre de l'Etat) est rendue particulièrement difficile. Une aide interministérielle exceptionnelle se met en place depuis la métropole. Elle se concrétise par des renforts considérables en moyens humains, que ce soit pour la lutte anti-vectorielle (participation des forces armées et des services départementaux de lutte anti-incendie et de secours, des services de lutte anti-vectorielle des Antilles françaises et de la Corse, ainsi que d'autres services de la métropole), pour les établissements de santé ou pour des services de l'Etat amenés à travailler vingt-quatre heures sur vingt-quatre, pendant de longues semaines. Cette aide en moyens humains sera complétée par la mobilisation d'une aide financière importante. Malgré cela, l'épidémie continue à sévir jusqu'au mois de juin 2006 et la circulation virale persiste durant une année supplémentaire. L'appropriation du risque vectoriel par la population (et les collectivités), après des mois d'éducation sanitaire et de communication (et la mobilisation communautaire qu'elles ont générée) sont apparues indispensables pour que celle-ci effectue ces gestes simples que sont la destruction des gîtes larvaires autour du domicile et la protection individuelle contre les piqûres de moustiques, grâce à des moyens

appropriés. De même, le rôle des collectivités territoriales en matière de salubrité et de collecte des déchets est capital. Outre le renforcement des services de lutte anti-vectorielle, cette mobilisation communautaire est sans doute un des éléments importants qui expliquent l'absence de reprise de l'épidémie, au cours de l'été austral 2006-2007. Elle montre aussi, s'il en était besoin, que la lutte contre les maladies vectorielles ne saurait reposer exclusivement sur les services de l'Etat, malgré les moyens importants que ceux-ci peuvent mobiliser, et qu'elle nécessite la participation de tous, qu'il s'agisse des collectivités locales ou des citoyens.

Enfin, force est de constater que l'absence de modèle prédictif n'a pas permis de prévoir l'ampleur de cette épidémie, laquelle, une fois déclarée, ne pouvait plus être maîtrisée. Plusieurs travaux scientifiques ont mis en évidence une mutation du virus, dont on a montré qu'elle facilitait le franchissement de la barrière intestinale du moustique vecteur, augmentant par là sa « compétence vectorielle ». Il est très probable que c'est cette mutation qui a facilité l'explosion épidémique de 2006.

Les riches enseignements d'un retour d'expérience

Un retour d'expérience, organisé en juillet 2006 à La Réunion, alors que la transmission virale se poursuivait, certes, mais avec un nombre de cas en très nette diminu-

tion, a permis de capitaliser l'expérience acquise, en prévention de futures épidémies similaires et de se préparer à une possible reprise de l'épidémie durant les mois suivants. Rappelons que le retour d'expérience fait partie intégrante de la gestion de crise. La démarche d'analyse s'est appuyée notamment sur la méthodologie de retour d'expérience développée par l'Ecole des Mines de Paris dans le domaine de l'environnement. Les objectifs fixés étaient les suivants : partager une vision globale de l'événement, repérer les points positifs, identifier les difficultés et les écueils rencontrés pour travailler à des pistes d'amélioration et, enfin, faire le point sur l'avancée des connaissances scientifiques.

La mise en œuvre de cette démarche a dû tenir compte de la complexité du phénomène et de la diffusion exceptionnelle de cette épidémie ayant débuté plus d'un an auparavant. Elle a pris en compte plusieurs niveaux d'analyse : une analyse épidémiologique dans les deux îles, mais également dans les autres pays concernés ; une analyse de la stratégie de communication et des principales mesures de gestion prises au niveau local et au niveau national ; enfin, une revue générale des connaissances disponibles sur le chikungunya. En raison de la complexité de l'analyse, le retour d'expérience a été limité aux services de l'Etat du champ sanitaire, sans prendre en compte, à ce stade, les autres acteurs interministériels ou hors-administration. Cette limitation est apparue indispensable, dans un premier temps, avant d'envisager un partage ultérieur avec les autres acteurs. Cela explique que des acteurs ayant joué un rôle important au niveau local (comme les unions de médecins libéraux ou les associations de patients) n'aient néanmoins pas été impliqués dans ce retour d'expérience.

Le retour d'expérience s'est, ainsi, déroulé en trois étapes successives. Une première étape a porté sur la collecte, le tri et l'analyse des informations disponibles, en particulier la main-courante de la gestion de l'alerte, les rapports disponibles sur l'événement (rapports de l'OMS, de l'Inspection générale des affaires sociales, de l'Assemblée nationale...), ainsi que sur les résultats d'un questionnaire envoyé, au préalable, à l'ensemble des acteurs sanitaires de l'administration impliqués dans la gestion de l'épidémie. L'analyse de ces données a permis d'élaborer un fil conducteur et de repérer les éléments d'animation du débat en vue de l'organisation, lors d'une deuxième étape, d'une réunion de mise en commun et de partage, avec la participation du Directeur général de la santé, qui a constitué la réunion de retour d'expérience proprement dite. Enfin, au cours de la troisième (et dernière) étape, les débats ont été formalisés sous la forme d'un verbatim, qui a ensuite servi de support à l'élaboration de documents préparatoires permettant de mieux faire face à une possible reprise épidémique.

L'organisation de ce retour d'expérience a d'abord permis à l'ensemble des acteurs sanitaires concernés de partager une histoire commune et, pour chacun d'entre eux, de confronter sa propre vision de l'épidémie à celle des autres. La perception, bien évidemment, ne pouvait qu'être différente selon que l'on se trouvait sur le terrain ou à Paris, dans une agence de sécurité sanitaire pratiquant l'analyse et l'évaluation du risque, ou dans un service du ministère de la

Santé en charge de la gestion dudit risque. La réunion de partage a eu également valeur de reconnaissance du travail accompli sur le terrain par les autorités sanitaires locales, du fait de la présence du directeur général de la santé sur le terrain, à la Réunion, ce qui est apparu important, après la remise en cause par les médias et la population de l'action des services de l'Etat au cours de l'épidémie (y compris à travers des attaques *ad personam*). Elle a permis, enfin, une expression libre, l'animateur des débats étant un conseiller d'un cabinet extérieur, sans position hiérarchique par rapport aux divers acteurs.

Le retour d'expérience a ensuite permis de repérer des points positifs et de les capitaliser pour l'avenir. L'analyse *a posteriori* a ainsi permis de souligner la bonne réactivité du système de surveillance à l'arrivée du chikungunya à Mayotte et à la Réunion, même si ce système ne comportait pas de modélisation selon différents scénarios. Elle a aussi mis en évidence l'adaptation de la gestion des dons du sang et d'organes pendant l'épidémie, qui explique l'absence de transmission du virus par ce biais. Elle a, enfin, démontré l'importance de la mise en œuvre d'une mobilisation communautaire pour une meilleure appropriation du risque vectoriel par tout un chacun.

Enfin, de nombreuses difficultés ont été identifiées. La lutte contre le moustique vecteur étant le seul moyen de lutte efficace contre la maladie, l'attention s'est polarisée sur les méthodes chimiques de lutte contre les moustiques adultes, alors que l'ensemble des experts en entomologie sont unanimes pour privilégier la destruction des gîtes larvaires par des moyens mécaniques. Cette polarisation a donné lieu à des réactions extrêmes, certains réclamant une intervention massive par pulvérisation d'insecticides, y compris par des moyens aéroportés, d'autres refusant toute intervention en invoquant la protection de l'environnement. D'autres écueils sont également apparus : l'absence de modèle prédictif permettant d'anticiper l'évolution épidémiologique, le manque de connaissances sur l'efficacité réelle et les possibles effets secondaires de l'utilisation sur le long cours de répulsifs cutanés (en particulier chez les enfants), les difficultés de communication avec la population quand la confiance est ébranlée, et enfin les difficultés, pour les services de l'Etat, de s'organiser face à la survenue d'une crise qui les a surpris en pleine mutation. L'épidémie de chikungunya est en effet survenue alors que, d'une part, la décentralisation de la lutte anti-vectorielle était en cours sur le terrain et que, d'autre part, la gestion des alertes sanitaires à l'échelon du ministère de la santé venait d'être réorganisée au sein d'un nouveau département. Pour chaque écueil, des solutions ont été listées, un calendrier d'action défini et un tableau de suivi des avancées, mis en place.

Le retour d'expérience a également permis de faire le point sur l'avancée des connaissances scientifiques sur la maladie, ainsi que sur son vecteur et son virus. Au début de l'épidémie, le chikungunya était une maladie réputée bénigne, caractérisée par l'apparition d'une fièvre et de douleurs articulaires, certes invalidantes (d'où le nom de la maladie, signifiant « marcher courbé » dans une langue afri-

caïne), mais passagères. En cours d'épidémie, la perception de la maladie s'est notablement modifiée, d'abord avec l'apparition de formes graves (encéphalites, formes néonatales...) à partir du mois de septembre 2005, ensuite avec la constatation d'une augmentation de la mortalité pendant l'acmé de l'épidémie, début 2006. Le principal vecteur du chikungunya décrit jusqu'alors était le moustique *Aedes aegypti*. Ce vecteur est peu présent à la Réunion, alors qu'un autre culicidé de la même famille, *Aedes albopictus* (ou « moustique tigre »), y était implanté. Certains ont pensé que la circulation virale serait, de ce fait, limitée. Les observations sur le terrain ont démenti les connaissances théoriques : le virus du chikungunya a montré sa redoutable capacité d'adaptation au vecteur présent localement. Enfin, les analyses génétiques du virus ont mis en évidence la survenue d'une mutation virale en septembre 2005, avec des spécificités qui suggèrent de possibles pistes d'explication de l'ampleur et la virulence inhabituelles de l'épidémie. Ce bilan des connaissances scientifiques a conduit à l'organisation d'un colloque scientifique, à Saint-Pierre de La Réunion, en décembre 2007.

Où l'échec (relatif) de l'action sert de moteur à la réflexion des services de l'Etat

Nul ne peut rester indifférent au fait que, malgré tous les efforts entrepris et malgré tous les moyens déployés, plus du tiers des populations mahoraise et réunionnaise ait contracté le chikungunya en moins de deux ans. Éviter l'épidémie n'était sans doute pas possible et de nombreux facteurs-clés de compréhension de la maladie, de son agent responsable et de son vecteur n'ont été connus qu'*a posteriori*. Toutefois, l'analyse rétrospective tend à montrer que, malgré la réduction, au fil du temps, des moyens consacrés à la lutte anti-vectorielle, les autorités sanitaires ont su s'organiser pour faire face à l'épidémie, et elles ont su en tirer les leçons. Localement, les services déconcentrés des ministères concernés ont élaboré des plans de lutte, avec un niveau de surveillance épidémiologique et entomologique important, prenant en compte la mobilisation sociale indispensable à la lutte anti-vectorielle. En matière de maladie vectorielle, il n'y a pas d'Etat « providence » : la lutte contre les vecteurs est l'affaire de tous. Au niveau national, des actions de recherche ont été entreprises, dont certaines ont déjà permis une meilleure compréhension du phénomène (recherches sur le virus ou le vecteur, par exemple) et dont d'autres pourraient déboucher, à plus long terme, sur des pistes thérapeutiques (vaccin, antiviraux...). Au niveau international, la création, à La Réunion, au décours de l'épidémie, du « Centre de recherches et de veille sur les maladies émergentes de l'Océan indien » est venue renforcer la coopération entre les divers pays situés dans une zone géographique extrêmement active au plan épidémiologique – une coopération indispensable dans une lutte contre des virus et des vecteurs pour lesquels il n'existe aucune frontière. Enfin, dans toutes les zones du territoire où le vecteur *Aedes albopictus* (ou le vecteur *Aedes aegypti*) est présent (pour l'essentiel : les départements français d'Amérique et le

pourtour méditerranéen de la métropole), des plans anti-dissémination sont mis en œuvre, afin de prévenir le risque d'épidémie. Récemment, la survenue de cas groupés de chikungunya en Italie est venue rappeler que le risque de voir se développer ces maladies sur le continent européen n'est pas seulement théorique. On peut ainsi dire que le risque vectoriel est désormais mieux pris en compte dans une approche globale qui, au-delà du vecteur, tient compte des virus, de l'homme et de son action (transport des hommes et des animaux), ainsi que de son impact sur l'environnement (urbanisation, réchauffement climatique...).

Note

* Les quatre co-auteurs appartiennent à la Direction générale de la santé.

Bibliographie

Direction générale de la santé : Méthodologie de retour d'expérience pour les événements sanitaires ou à impact sanitaire. Paris, mars 2007. « http://www.sante.gouv.fr/alertes_sanitaires/accueil/retour_experience.pdf »

Gessain (A.) & Manuguerra (J-Cl.) : Les virus émergents. Paris, PUF, 2006.

Institut de veille sanitaire : Infection par le virus Chikungunya à l'île de la Réunion. Bulletin épidémiologique hebdomadaire, n° hors série, 31 janvier 2006.

Institut de veille sanitaire : Surveillance active des formes émergentes hospitalières de chikungunya. La Réunion, avril 2005-mars 2006. <http://www.invs.sante.fr/recherche/index2.asp?txtQuery=Formes+%E9mergentes+hospitali%E8res+de+chikungunya&Submit.x=10&Submit.y=7>

Pialoux (G.) & al. : Infection à virus chikungunya ; revue générale par temps d'épidémie. Médecine et maladies infectieuses, 2006, 34 n° 5, pp. 253-263.

Renault (Ph.) & al. : A major epidemic of Chikungunya virus infection on Reunion Island, France, 2005-2006. Am. J. Trop. Med. Hyg, 2007, 77 (4), pp. 727-731.

Rodhain (F.) & Saluzzo (J-F.) : Le mystère des épidémies. Paris, Editions Pasteur, 2005.

Société de Pathologie exotique. Numéro spécial colloque : Chikungunya et autres arboviroses en milieu tropical, La Réunion, 3-4 décembre 2007. Bulletin de la Société de Pathologie exotique. 2007, 100, n° 5, décembre 2007.

Sourisseau (M.) & al. : Characterization of reemerging chikungunya virus. PLoS Pathog 2007, n° 6. <http://www.plospathogens.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.ppat.0030089>.

Schuffenecker (I.) & al. : Genome microevolution of chikungunya viruses causing the Indian Ocean outbreak. PLoS Med 2006 n° 7. <http://medicine.plosjournals.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1371/journal.pmed.0030263>.

Vazeille (M.) & al. : Two chikungunya isolates from the outbreak of La Reunion (Indian Ocean) exhibit different patterns of infection in the mosquito, *Aedes albopictus*. PLoS ONE, 2007 n° 11. <http://www.plosone.org/article/fetchArticle.action?articleURI=info:doi/10.1371/journal.pone.0001168>.

Wybo (J-L.) & al. : Méthodologie de retour d'expérience des actions de gestion des risques. ARMINES-ENSMP. www.ecologie.gouv.fr/Methodologie-de-retour-d.html

Épidémie de chikungunya dans l'Océan Indien 2005-2006. Premiers enseignements

En février 2006 le premier ministre décide de créer une cellule interdisciplinaire de coordination des recherches sur le chikungunya à La Réunion et Mayotte (ultérieurement prolongée pour traiter de la dengue aux Antilles et en Guyane). Cette « task force », présidée par l'auteur de l'article, est constituée de chercheurs de plusieurs disciplines scientifiques (médecins cliniciens, virologues, immunologistes, statisticiens, épidémiologistes, sociologues, entomologistes, vétérinaires). Un premier bilan est ici dressé pour donner les premiers enseignements d'une épidémie qui a frappé près de 40 % de la population de La Réunion et Mayotte et causé un décès pour mille cas (248 décès).

par Antoine FLAHAULT*

En plein cœur de l'épidémie en février 2006 [1, 2, 3], lorsque la cellule interministérielle de coordination des recherches sur le chikungunya réunit les médecins de l'hôpital Groupe Hospitalier Sud Réunion (GHSR), ces derniers décident de conduire la réunion, et non d'écouter passivement la « voix de la métropole ». Tout d'abord, depuis le début de l'épidémie, malgré l'affluence, la surcharge massive et permanente de travail, l'encombrement des réanimations et des services de malades aigus, l'absentéisme parfois important, et l'incapacité résiduelle des personnels convalescents, les cliniciens ont toujours tenu – et réussi – à stocker du matériel biologique « pour plus tard, quand la tempête se serait éloignée ». Et ceci dans les meilleures conditions pour permettre les analyses virologiques ultérieures, à -80°C, comme l'auraient fait les plus grands services hospitalo-universitaires dotés de personnels dédiés à temps plein à la conservation des collections biologiques. Ensuite, ces cliniciens, dont une analyse bibliométrique démontrait clairement les capacités scientifiques et le talent à produire de la recherche clinique de qualité, n'avaient en effet pas attendu la cellule pour commencer à recueillir systématiquement une information auprès de leurs malades, femmes enceintes, enfants, adultes, formes cliniques atypiques, etc. Enfin, la plupart redoutait avant tout une chose, que ces chercheurs viennent de métropole pour y faire leur « marché ». La science n'est pas toujours synonyme d'éthique et de comportement exemplaire. Comment la communauté médicale du GHSR, isolée au point le plus au sud de la carte outre-mer de la France, au cœur de l'Océan Indien, allait-elle pouvoir se défendre contre des prédateurs scientifiques missionnés par le gouvernement ? Confrontés au problème du chikungunya dans leur activité quotidienne, les cliniciens de l'hôpital avaient

abandonné provisoirement leurs recherches d'élection, sur le diabète, la sclérose en plaque, les maladies génétiques ou l'hypertension artérielle, pour répondre à la demande forte de la société réunionnaise située à plus de 10 000 km de la métropole. Ils furent parmi les premiers à l'avoir fait parmi les chercheurs présents sur l'île, avant les entomologistes, présents, mais investis dans les recherches sur la mouche de la vanille, du bananier ou de la canne à sucre, avant les universitaires souvent isolés dans leurs laboratoires, et donc plus éloignés que les cliniciens des préoccupations du moment des habitants de La Réunion.

Il fallait cependant mobiliser les capacités de recherche en France métropolitaine pour construire avec la confiance des cliniciens de l'île des projets de recherche ambitieux, pour répondre aux innombrables questions que ces praticiens, seuls, ne pourraient pas traiter, et pour leur permettre de répondre à celles qu'ils avaient choisi d'aborder, mais avec plus de moyens, plus de ressources, et parfois plus de compétences. Tout ne pouvait être fait localement sans appui. Il fallait le dire, sans blesser personne. Ainsi, la cellule pointa le besoin de conseils méthodologiques sur les plans d'échantillonnage, ou sur les modalités de traitement de l'information recueillie. Il faudrait faire du séquençage massif de virus, peut-être en utilisant les plateformes existantes en France, à l'Institut Pasteur par exemple. Pour cela, il fallait construire des collaborations avec d'autres équipes. La recherche ne pouvait se concevoir que comme cela. La cellule voulait favoriser la collaboration avec des équipes internationales. Elle souhaitait montrer qu'elle ne venait pas pour prélever ou piller quoi que ce soit, mais plutôt pour réfléchir à ce qu'il y aurait de mieux à faire pour réaliser l'investigation la plus satisfaisante possible de cette épidémie. Avant que celle-ci ne déferle à La Réunion, on ne

connaissait rien ou pas grand-chose sur le chikungunya. Il ne fallait pas en rester au même point. Par exemple, il fallait constituer rapidement des cohortes mères-enfants et les suivre pendant plusieurs mois, voire plusieurs années, à partir de mères dont on savait – dont les cliniciens seuls savaient – qu'elles avaient été infectées. Dans cet objectif, il parût opportun de rapprocher les cliniciens de La Réunion d'épidémiologistes spécialisés dans les recherches sur la mère et l'enfant, en métropole ou ailleurs.

De plus, la cellule ne voulait pas que les équipes locales bénéficient de rentes de situation et d'opportunités qui ne sont jamais pourvoyeuses d'excellence sur le plan scientifique. Elle demandait, et au début ce fut source d'incompréhension, que soient respectés les mécanismes habituels de financement de la recherche par appel à projets, tout en tenant compte du problème particulier de la gestion d'une maladie émergente en pleine éruption. Il fallait donc concevoir des adaptations pour permettre les recueils de données indispensables dans l'urgence. Mais, pour obtenir l'excellence, il fallait mettre les équipes en compétition, au sein même de l'île, le GHSR contre l'hôpital de Saint-Denis (au nord de l'île), en métropole Pasteur contre l'IRD ou l'Inserm, à l'international Oxford contre Galveston aux USA, quitte ensuite à favoriser des rapprochements et susciter des complémentarités, comme toujours en recherche [4 - 18]. La cellule pensait, que si les chercheurs avaient la possibilité de rester protégés et financés quoi qu'il arrive, personne ne se dépasserait pour faire des protocoles innovants, pour recourir aux meilleures technologies et mobiliser les meilleures équipes. Un financement à deux étages a alors été proposé, le premier fonctionnant comme un « chèque confiance », une sorte d'avance sur crédits des programmes publics de financements de la recherche pour soutenir ce qui devait l'être dans l'urgence et uniquement cela, et le second étant une demande classique de financement des recherches possibles à partir des recueils réalisés. Un autre problème a été rencontré : la plupart des données recueillies relevaient de la simple description d'un phénomène certes inconnu ou peu connu : description de cas cliniques, description de l'évolution de la maladie au cours du temps, description des virus identifiés, description des vecteurs, etc. Or les comités de sélection des projets scientifiques sont composés de chercheurs fondamentalistes qui ont souvent un profond manque d'intérêt, lorsque ce n'est pas du mépris, vis-à-vis de l'observation et la description. Les grandes revues scientifiques ne sont pas très demandeuses de travaux « botaniques » qui consistent à décrire correctement les choses que l'on voit. C'est cependant une étape essentielle. On ne peut poser les questions pertinentes tant que l'on n'a pas correctement décrit les phénomènes qui se déroulent sous nos yeux. Combien de temps le virus reste-t-il dans l'organisme ? Les douleurs articulaires que l'on ressent plusieurs semaines après l'infection sont-elles dues au virus présent dans les articulations, ou bien dues à un conflit immunologique qui reste à élucider ? Peut-on se réinfecter par le virus chikungunya ou bien l'immunité que confère la maladie est-elle permanente ? Quelle est la proportion de malades asymptomatiques. Nous pourrions continuer la liste sur le

plan entomologique, ou concernant le réservoir animal. Nous devons défendre le caractère prioritaire des recherches descriptives, et du financement d'une véritable observation du vivant dans les différents domaines de la recherche clinique, mais aussi virologique, immunologique, entomologique, et vétérinaire [19, 20]. Nous y reviendrons dans la dernière section de cet article.

La recherche pour l'action

En octobre 2006, après la grande vague épidémique de 2005-2006 et avant le nouvel été austral qui pouvait voir resurgir à nouveau une vague épidémique analogue à la précédente, puisque 60 % de la population restait susceptible au virus du chikungunya, la cellule organise une réunion rassemblant des représentants de tous les acteurs de l'île concernés par les questions de recherche et de lutte contre le chikungunya. Le ministère de la santé lui avait demandé de répondre à trois questions précises.

La première question était de savoir ce qu'il fallait recommander aux directeurs d'école, de collège et de lycée en termes de protection contre les vecteurs. La cellule propose un schéma de protection à adapter en fonction d'un seuil de cas observés. En présence de cas avérés, mais à un seuil proposé au-dessous de 500 cas/semaine à La Réunion, la destruction des gîtes larvaires dans un rayon de 100 mètres autour des écoles devait être organisée par le personnel s'occupant des espaces verts : élimination des pièges à eau, taillage des végétaux feuillus et traitement larvicide. Ces mesures devaient être répétées toutes les semaines si possible, et notamment à des fins pédagogiques, pour que les enfants reproduisent chez eux ces comportements. Au dessus de 500 cas/semaine, il convenait que, outre la destruction des gîtes larvaires, soit proposé aux parents d'appliquer des spray corporels pour les activités extérieures, sauf en cas de problèmes cutanés particuliers, et d'utiliser des vêtements imprégnés de perméthrine, répulsif validé commercialisé sous les noms de DEET à 20-35 %, et de citrodol ; cette application devait être renouvelée à l'école gratuitement toutes les 4 heures, avec consentement préalable écrit des parents ; les recommandations portaient également sur l'installation de brasseurs d'air et une ventilation sous les toits, et/ou des moustiquaires imprégnées de perméthrine, et/ou des diffuseurs (non vides) branchés dans les salles de classe, pendant toute la durée des cours ; enfin il fallait couvrir les bras et les jambes par le port de vêtements adaptés sachant que de telles recommandations pouvaient être difficiles à suivre en zone inter-tropicale. Il y avait une contradiction apparente à préconiser la mise en place de moustiquaires aux fenêtres, alors que dès le début de la crise la cellule avait expliqué qu'*Aedes albopictus* était un moustique qui piquait essentiellement dehors. Les arguments ont alors reposé sur le risque résiduel de piqûre à l'intérieur des murs. Même si *Aedes albopictus* pique préférentiellement en début de matinée et fin d'après midi, on sait que des femelles piquent aussi dans la journée, voire la nuit, et à l'intérieur des maisons et bâtiments. Il fallait donc aussi limiter le contact à l'intérieur. On peut limiter la pénétration

des moustiques en installant des moustiquaires aux fenêtres, ce qui avait été préconisé le 22 septembre 2006 par un avis du conseil supérieur d'hygiène de France. Selon la configuration des écoles, si les moustiquaires ne limitent pas trop fortement la circulation d'air, et si les moustiquaires ne diminuent pas sensiblement l'intensité lumineuse, cette méthode, comme l'utilisation de diffuseurs de répulsifs (tortillon, diffuseurs thermiques de pyréthrinoides qui sont efficaces 1 mois, et à priori sans danger), devrait faire baisser de quelques pourcents le nombre de piqûres. Pour l'extérieur (entrée du matin et sortie de l'après midi, récréations), la seule manière d'éviter le contact est l'utilisation individuelle de répulsifs et de vêtements longs. Pour prévenir ce risque, les moustiquaires pouvaient apparaître comme un moyen très adapté, permettant aux élèves et aux enseignants de rester plusieurs heures dans une salle convenablement aérée sans risquer une intrusion de moustiques mal intentionnés. L'argumentaire de la cellule signalait aussi que l'installation de telles moustiquaires présentait l'intérêt de ne pas présenter de caractère inquiétant pour les enseignants ou les parents, souvent alarmés par l'utilisation d'autres méthodes telles que la diffusion d'insecticides dans les classes ; de plus, le ciblage « au-dessus de 500 cas par semaine » permettrait de limiter les éventuelles conséquences à long terme (peu connues) des répulsifs sur la peau.

La seconde question était de savoir s'il fallait recommander aux médecins de prescrire systématiquement un arrêt de travail aux personnes atteintes du chikungunya (formes aiguës), et si oui, de quelle durée. Si les raisons médicales d'une telle prescription étaient évidemment du ressort du médecin, en revanche les autorités pouvaient se prévaloir d'éventuelles raisons de santé publique (pour limiter les risques de propagation du virus), voire de raisons pédagogiques (une personne malade est un danger pour la collectivité par sa propension à infecter les moustiques et donc les gens alentours). Dans un espace déjà bordé de plusieurs prises de position sur le sujet (1), nous avons proposé de recommander un arrêt de travail d'une durée de 5 jours, en préconisant de ne pas autoriser de sorties. Nous avons ajouté, à destination du malade, des mesures de précaution vis à vis du risque de piqûre par les moustiques : en cas d'alitement, rester, sous une moustiquaire et/ou un ventilateur, et/ou un diffuseur (non vide) branché dans la pièce en permanence et, qu'il y ait ou non alitement, application de spray corporels, sauf problèmes cutanés particuliers, pendant les 5 premiers jours de la maladie et port de vêtements longs si possible imprégnés de répulsifs ou de perméthrine. De plus, nous avons jugé utile de proposer un renforcement de l'usage des sprays corporels, des vêtements longs imprégnés, des diffuseurs et/ou des ventilateurs pour l'entourage des malades, encore vierge vis à vis du chikungunya, des moustiques infectés circulant possiblement à proximité des cas). Parallèlement il était demandé aux médecins que, sous 500 cas/semaine à La Réunion, ceux-ci poursuivent le signalement systématique des cas aux équipes de démoustication, afin que ces dernières se déplacent dans les 48 heures au domicile des personnes malades

pour les conseiller sur les mesures de protection individuelle personnalisée à prendre dès le début de l'arrêt de travail. Cette action de prévention semblait particulièrement importante dans la mesure où, à l'instar du risque de contamination lié à la fréquentation par des personnes malades de lieux publics collectifs tels que le travail ou l'école, le simple fait de rester à son domicile lorsque l'on est malade et ne pas se protéger revenait à exposer son entourage proche. Il fallait également que chacun garde en mémoire qu'un moustique porteur de virus restait potentiellement infectant durant les six semaines de sa vie et restait « sur zone » (école ou travail ou foyer selon le cas) [21, 22].

La troisième question du ministère de la santé était de savoir s'il fallait recommander aux médecins de prescrire systématiquement l'éviction scolaire aux enfants atteints du chikungunya (formes aiguës), et si oui, de quelle durée devait être cette éviction. De même que pour le cas précédent, si les raisons médicales d'une telle prescription étaient évidemment du ressort du médecin, en revanche une telle éviction pouvait avoir des motifs de santé publique, visant à limiter les risques de propagation du virus, et également pédagogique. La cellule a recommandé une éviction scolaire de 5 jours, selon les mêmes modalités que l'arrêt de travail chez l'adulte, en recommandant aux parents ou personnes assurant la garde de l'enfant à domicile d'utiliser à titre personnel des sprays corporels et des vêtements imprégnés (sauf en cas d'antécédent personnel de chikungunya ancien, puisque on savait désormais que leurs propres anticorps les protégeraient contre une nouvelle infection). Il est à noter ces recommandations ne devaient pas être considérées comme des obligations, qu'il s'agisse d'éviction scolaire ou d'arrêt de travail (à une exception (2) près toutefois). Dans tous les cas, le médecin traitant doit en effet rester le seul juge, en bonne intelligence avec les parents ou le patient. Si la personne, enfant ou adulte contaminée, témoignait d'une nécessité impérieuse de poursuivre ses cours ou son travail, le médecin traitant évaluerait avec elle la faisabilité de sa protection personnelle : travail exposé à l'extérieur, ou travail non exposé (ex. bureau climatisé), déplacement exposé ou non (voiture climatisée), travail physique avec transpiration diminuant l'action de produits répulsifs, possibilité de renouveler l'application de répulsifs (école, lieu de travail).

La cellule s'est engagée sur le terrain de la prise en charge financière, en recommandant le financement par l'Etat d'une partie du coût des sprays lors de la phase aiguë, arguant du fait que de nombreuses familles à faible revenu (RMI, CMU ou autre situation précaire) se trouvaient dans l'impossibilité matérielle de se fournir régulièrement en sprays. Par ailleurs, la cellule se préoccupait des aspects sociaux et comportementaux de la lutte contre le chikungunya, en recommandant aux autorités sanitaires de mobiliser le plus possible les équipes éducatives et administratives (en suivant dans ces aspects les recommandations officielles de l'Organisation Mondiale de la Santé), en encourageant la réalisation d'activités scolaires sur et contre les vecteurs (avec la participation d'entomologistes), en instaurant au niveau des écoles un système de « surveillance active », tout d'abord entomologique avec présen-

ce de pièges comme cela se fait en Malaisie pour la dengue et également virologique pour détecter de manière précoce la présence de virus chez le vecteur (des chercheurs de Singapour avaient détecté en 1998 le virus de dengue six semaines avant le déclenchement d'une épidémie, proposant ainsi une méthode pour anticiper les phénomènes). Était ainsi formalisé l'esprit des opérations de mobilisation citoyenne (appelée en Créole « Kass Moustik »), préconisant d'inciter la population à modifier ses habitudes dans la pratique des jardins, à nettoyer régulièrement sa cour et d'enlever les soucoupes sous les vases et pots de fleurs, et suggérant d'utiliser le levier social de proximité que constituaient les rassemblements des « gramounes » (les « grands-mères » en Créole) par le conseil général ou les clubs et associations qui avaient éclos ces derniers temps dans l'île. Le message sur le renforcement de la veille sanitaire était martelé, avec la demande que, tant qu'il y avait moins de 500 cas par semaine à la Réunion, il soit recommandé aux médecins la prescription d'un examen virologique de confirmation des cas suspectés (par RT-PCR en phase aigüe, avant le troisième jour après le début des symptômes par sérologie (IgM à partir du dixième jour) et de rapporter à la DRASS toutes les suspicions de cas et leurs confirmations. Le raisonnement était basé sur le résultat d'un essai clinique testant l'efficacité de la nivaquine : lorsque la prévalence de la maladie devenait faible (inférieure à 500 cas par semaine), la valeur prédictive positive du diagnostic clinique (fièvre + arthralgies) était faible, c'est-à-dire que la probabilité que les diagnostics cliniques des médecins soient bien portés était petite. Le diagnostic clinique nécessitait alors une confirmation par un examen complémentaire, ce qui n'était pas le cas dès que la prévalence augmentait, en phase épidémique, où le diagnostic clinique à lui seul pouvait suffire pour signer le chikungunya. Enfin, les chercheurs en sciences sociales et humaines de la cellule incitèrent à demander que soit réalisée une évaluation de la perception de la population (à partir d'un échantillon représentatif) et des patients à qui on a proposé un arrêt de travail ou une éviction scolaire afin d'étudier les éventuels obstacles ou réticences vis-à-vis de l'application de ces préconisations. Ils estimaient que les mesures d'isolement seraient difficiles à mettre en œuvre, particulièrement dans nos sociétés. Ils soutenaient, et peut-être avaient-ils raison, que les arrêts de travail, l'éviction scolaire dans l'objectif de diminuer la transmission vectorielle pourraient être l'objet d'incompréhension ou de réticences dans la population et chez les patients chez qui ces mesures seraient quasiment imposées. Ainsi la cellule voulait que soit analysé et quantifié avec rigueur scientifique ce type de réactions éventuelles.

Tout ce programme fut accepté et transcrit en recommandations aux autorités sanitaires compétentes, mais n'eurent jamais à être appliquées, puisque la circulation du virus du chikungunya s'estompa rapidement et fut quasiment nulle à partir de décembre 2006 et qu'aucun cas confirmé ne fut rapporté en 2007, ni à La Réunion, ni à Mayotte [23], alors que des foyers faisaient encore rage aux Seychelles, que Maurice n'en parlait pas mais que le virus

continuait à y circuler et que Madagascar connaissaient diverses épidémies dont il était difficile d'y distinguer le chikungunya, de la dengue ou du paludisme, et ce bien que les modèles mathématiques pouvaient laisser craindre une nouvelle résurgence épidémique [24, 25].

Pour un projet international sur l'observation du vivant

La mondialisation avec l'augmentation de la population, de sa mobilité, des échanges, avec l'urbanisation et la déforestation, les changements climatiques, la perte de la biodiversité, les conditions de vie extrêmes (pauvreté, famine, guerre) sont autant de facteurs qui favorisent la multiplication d'épidémies de maladies infectieuses émergentes ou ré-émergentes. Les conséquences en sont souvent dévastatrices, sur les plans humain d'abord, mais aussi économique, politique et social. Ces épidémies peuvent en effet détruire en quelques mois les économies et le tissu industriel commercial ou touristique de nations qui n'y sont pas préparées. Parmi les émergences récentes, répétées et ayant nécessité dans l'urgence la mobilisation internationale, rappelons que les fièvres hémorragiques dues au virus Ebola ou Marbourg ont eu un retentissement humain considérable, avec des taux de létalité parmi les plus élevés dans l'échelle des maladies transmissibles (de l'ordre de 40 %, mais allant jusqu'à 100 %). Elles frappent souvent des populations déplacées, aux conditions d'extrême précarité, de régions rurales de pays tropicaux. Une mobilisation sans précédent des nations unies a permis aux grandes agences internationales (OMS, FAO, ONUSIDA), aux grandes centrales européennes (ECDC), nord-américaine (CDC), et aux États concernés de coordonner la préparation contre une nouvelle pandémie grippale et la mise en place d'une lutte massive contre l'épizootie aviaire, en s'inspirant notamment de l'expérience acquise au moment de l'émergence du SRAS en 2003, cette pneumopathie atypique qui au-delà des conséquences humaines a paralysé durablement de nombreux secteurs économiques, dont celui en particulier du transport aérien.

Parallèlement à la dengue et à sa forme hémorragique qui se répandent depuis quelques années à travers le monde avec une croissance exponentielle, émerge une autre arbovirose, le chikungunya, dont le déferlement récent sur l'ensemble des îles de l'Océan Indien a gagné le continent indien avec plusieurs millions de personnes atteintes, certains avec des séquelles invalidantes, souvent des arrêts de travail prolongés et des complications parfois gravissimes récemment reconnues. L'Italie du nord a connu durant l'été 2007 un premier foyer de chikungunya autochtone, révélateur à n'en pas douter qu'aucune nation n'est désormais à l'abri de tels événements. Les conséquences de l'émergence d'une épidémie infectieuse sont éthiquement d'autant plus inacceptables qu'elles frappent en priorité les pays les plus pauvres du globe. Les virus, les bactéries, la faune sauvage ou les moustiques ne connaissent pas les frontières. Proposer la mise en place de véritables boucliers sanitaires n'est pas seulement un acte de nécessaire solidarité et d'ur-

gence humanitaire, c'est aussi la recherche d'un développement durable pour l'ensemble des populations de la planète.

Jusqu'ici, l'urgence a imposé sa loi en montrant les limites de la lutte réactive face aux catastrophes sanitaires que causent ces émergences. Comprendre les mécanismes de l'émergence, afin d'anticiper leur survenue et de prévoir leurs conséquences, suppose de disposer d'une véritable météorologie sanitaire pour pouvoir réagir et non plus subir, pour prévenir et non pas seulement rétablir. Cela demande une coopération et une mobilisation exceptionnelles des scientifiques et des autorités de santé de tous les pays. Nous venons de mentionner que, pour certains exemples récents, des initiatives coordonnées ont permis de gagner le combat à mener contre ces nouveaux fléaux, l'exemple du SRAS étant peut-être le plus emblématique. Une action durable nécessite de pouvoir pro-agir et non seulement réagir face aux événements et aux crises sanitaires engendrées par les maladies émergentes. Il faut aujourd'hui proposer d'opérer tous ensemble ce changement de paradigme.

Pour y parvenir, un changement de modèle et d'échelle est nécessaire, à l'instar des immenses investissements qui ont été réalisés pour mieux prévoir et anticiper les cyclones, les tremblements de terre, les tsunamis, et les éruptions volcaniques. Si ces efforts ont été en partie couronnés de succès, c'est parce qu'ils ont su mobiliser les énergies et les collaborations des différents pays, les plus riches et les plus pauvres, les plus grands et les plus petits. Anticiper ne permet pas toujours d'éviter ces fléaux mondiaux, mais permet d'en réduire les conséquences humaines et économiques.

L'Europe devrait proposer de lancer un vaste programme international sur les maladies émergentes infectieuses humaines et animales, associant la recherche et la formation appuyées par l'innovation technologique et thérapeutique. Ce programme viserait à doter les régions du monde les plus exposées, de moyens d'observation, d'anticipation, de prévention et de contrôle, les plus puissants et les plus modernes. C'est en fondant ce programme sur la recherche, sur un partage des connaissances et des expériences que les nations ainsi unies, pourront progresser dans la connaissance des mécanismes de leur survenue, qu'ils sauront mieux en prévoir les occurrences, et qu'ils pourront apporter des solutions précoces pour les traiter. Il s'agit de relever ainsi le formidable défi que représentent pour l'humanité, les maladies infectieuses émergentes.

Le programme devrait avoir un contenu résolument pluridisciplinaire et transdisciplinaire, associant aux médecins cliniciens, les vétérinaires, les épidémiologistes, les microbiologistes, les immunologistes, les entomologistes, les spécialistes de santé animale et des zoonoses, les écologues et des environnementalistes, les disciplines de sciences humaines (économie, droit, géographie, histoire, philosophie, éthique), les sciences sociales (sociologies, anthropologie, ethnologie), des mathématiciens modélisateurs. Le programme permettrait d'envisager le financement de projets internationaux de recherche et d'observation, mais

aussi des actions humanitaires faisant intervenir les associations non gouvernementales en favorisant une mobilisation citoyenne autour des problématiques des maladies émergentes infectieuses.

Cette initiative implique un changement des modes habituels d'organisation et de production des connaissances, en faisant de la transdisciplinarité le cadre méthodologique privilégié capable de mieux comprendre les mécanismes et les origines de ces maladies polymorphes, largement méconnues, aux conséquences imprévisibles. Seul un programme conçu dans cette perspective permettra de mobiliser et de réunir des acteurs ayant, jusqu'à présent, peu l'habitude de travailler ensemble.

Les dispositifs d'observation à mettre en place nécessiteront un changement d'échelle. L'ambition est de disposer à terme de véritables « télescopes du vivant » situés à des points stratégiques du globe. Leur conception, le niveau d'intégration nécessaire, l'utilisation partagée des données recueillies restent encore à imaginer, tout comme les moyens d'améliorer l'efficacité de la prévision et la méthodologie qui la conditionne : où installer ces observatoires, comment placer les « capteurs » de l'observation, comment déterminer les endroits les plus sensibles, comment développer des outils de liaison, d'échange en temps réel, avec les technologies les plus récentes tant en biologie qu'en mathématiques ou en communication, comment mobiliser les industriels pour favoriser le développement rapide de moyens diagnostiques, thérapeutiques, et préventifs dès la suspicion d'une émergence de maladie infectieuse, quels rôles pourront jouer les fondations humanitaires ? Seule une initiative internationale coordonnée et puissante sera en mesure d'apporter des réponses à ces questions, rendant possible de déplacer, le plus en amont possible, la lutte contre les maladies infectieuses émergentes qui menacent l'humanité et son environnement.

Notes

* Directeur de l'École des Hautes Etudes en Santé Publique, Rennes et Paris.

(1) Le conseil supérieur d'hygiène publique de France a établi un guide des conduites à tenir en cas de maladies transmissibles dans une collectivité d'enfants, séance du 14 mars 2003, qui comprend 43 fiches, dans lequel il est précisé page 3 « *l'objectif du groupe de travail a été pour chaque maladie, d'une part de considérer l'éviction temporaire d'une collectivité d'enfants essentiellement sous l'angle de la réduction de la transmission et d'autre part de préciser les mesures de prévention qui doivent être prises au sein de la collectivité... Dans certaines pathologies, les personnes malades étant contagieuses avant les signes cliniques, l'éviction n'est pas totalement efficace* ». Le 27 juillet 2006, par la voix du Président du conseil départemental l'Ordre des Médecins de La Réunion, après consultation de l'ensemble des syndicats et sur saisine du Ministre, écrivait « *l'isolement des patients en période virémique semble difficilement réalisable, cette mesure apparaissant beaucoup trop contraignante et coercitive* ».

(2) L'éviction scolaire en maternelle et primaire devait être obligatoire si le renouvellement des répulsifs – après avis favorable écrit des parents – n'était pas accepté ou réalisable par l'établissement scolaire.

Bibliographie

- [1] FLAHAULT (A.), Chikungunya. Indian Ocean update (32). *ProMed-mail*, Archive Number: 20061014.2953, 14 octobre 2006. (<http://www.promedmail.org>)
- [2] CHASTEL (C.), Chikungunya virus: its recent spread to the southern Indian Ocean and Reunion Island (2005-2006). *Bull. Acad. Natl. Med.*, 2005, 189, 1827-35.
- [3] CATTEAU (C.), SISSOKO (D.) & GAÜZERE (B.-A.), *et al.* Situation et enjeux sanitaires à l'île de La Réunion en 2005. *Med. Trop.* 2005, 65, 515-524.
- [4] SCHUFFENECKER (I.), ITEMAN (I.) & MICHAULT (A.), *et al.* – Genome microevolution of chikungunya viruses causing the Indian Ocean outbreak. *PLoS Med.*, 2006, 3, e263 (Epub 2006 May 23).
- [5] YERGOLKAR (P.N.), TANDALE (B.V.) & ARANKALLE (V.A.), *et al.* – Chikungunya outbreaks caused by African genotype, India. *Emerg. Infect. Dis.*, 12, 1580-1583, 2006.
- [6] PAROLA (P.), SIMON (F.) & OLIVER (M.), Tenosynovitis and vascular disorders associated with Chikungunya virus-related rheumatism. *Clin Infect Dis*, 45: 801-802, 2007.
- [7] BOUTIN (J.P.), TOLOU (H.) & QUEYRIAUX (B.), *et al.* Evaluation de l'épidémie de chikungunya au sein de la gendarmerie nationale à La Réunion. *Bull Soc Pathol Exo*, 2007, 100, 29.
- [8] SISSOKO (D.), MOSCETTI (F.) & BALLEYDIER (E.), *et al.* V. Epidémie de chikungunya à La Réunion : évolution des manifestations articulaires 12 à 18 mois après la phase aiguë. *Bull Soc Pathol Exot*, 100, 322-323, 2007.
- [9] PIALOUX (G.), GAUZERE (B.-A.) & JAUREGUBERRY (S.), *et al.* Chikungunya, an epidemic arbovirosis. *Lancet Infect Dis.* 7:319-327, 2007.
- [10] BORGHERINI (G.), POUBEAU (P.) & STAIKOWSKY (F.), *et al.* Outbreak of chikungunya on Reunion Island : early clinical and laboratory features in 157 adult patients. *Clin Infect Dis.* 44:1401-1407, 2007.
- [11] TALARMIN (F.), STAIKOWSKY (F.) & SCHOENLAUB (P.), *et al.* Manifestations cutanéomuqueuses de l'infection par le virus chikungunya chez l'adulte à La Réunion. *Med Trop.* 67:167-173, 2007.
- [12] RENAULT (P.), SOLET (J.L.) & SISSOKO (D.), *et al.* A major epidemic of chikungunya virus infection on Reunion Island, France, 2005-2006. *Am J Trop Med Hyg.* 77:727-731, 2007.
- [13] WIELANEK (A.C.), DE MONREDON (J.) & EI AMRANI (M.), *et al.* Guillain-Barré syndrome complicating a Chikungunya virus infection. *Neurology.* 27;69:2105-2107, 2007.
- [14] JOSSERAN (L.), PAQUET (C.) & ZEHGNOUN (A.), *et al.* Chikungunya disease outbreak, Reunion Island. *Emerg Infect Dis.* 12:1994-1995, 2006.
- [15] RAMFUL (D.), CARBONNIER (M.) & PASQUET (M.), *et al.* – Mother-to-child transmission of chikungunya virus infection. *Pediatr. Infect. Dis. J.* 2007;26:811-815.
- [16] TSETSARKIN (K.) & HIGGS (S.), MCGEE CE, *et al.* Infectious clones of Chikungunya virus (Reunion Island isolate) for vector competence studies. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 6:325-237, 2006.
- [17] ROQUES (P.), JOUBERT (C.) & MALLERET (B.), *et al.* Physiopathologie de l'infection à Chikungunya : infection expérimentale du macaque par la souche ChikV OPY1 isolée d'un patient réunionnais. *Bull Soc Pathol Exot*, 100, 334, 2007.
- [18] ROQUES (P.), JOUBERT (C.) & DELACHE (B.), *et al.* Effet adverse d'un traitement à la chloroquine sur l'infection à Chikungunya dans le modèle macaque/ChikV OPY1. *Bull Soc Pathol Exot*, 100, 334-335, 2007.
- [19] CHARREL (R.N.), DE LAMBALLERIE (X.) & RAOULT (D.), Chikungunya outbreaks – the globalization of vectorborne diseases. *N Engl J Med.* 356:769-771, 2007.
- [20] REITER (P.), FONTENILLE (D.) & PAUPY (C.), *Aedes albopictus* as an epidemic vector of chikungunya virus: another emerging problem? *Lancet Infect Dis*, 6:463-464, 2006.
- [21] VAZEILLE (M.), MOUTAILLER (S.) & COUDRIER (D.), *and al.* Two chikungunya isolates from the outbreak of La Reunion (Indian Ocean) exhibit different patterns of infection in the mosquito, *Aedes albopictus*. *PLoS ONE.* 2007 Nov 14;2 (11):e11168.
- [22] DELATTE (H.), DEHECQ (J.S.) & THIRIA (J.), *et al.* Geographic distribution and developmental sites of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) during a chikungunya epidemic event. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 8:25-34, 2008.
- [23] FLAHAULT (A.), AUMONT (G.) & BOISSON (V.), *et al.* Chikungunya, La Réunion and Mayotte, 2005-2006: an epidemic without a story? *Sante Publique.* 19 Suppl 3:S165-195, 2007.
- [24] BACAER (N.), Approximation of the basic reproduction number RO for vector-borne diseases with a periodic vector population. *Bull Math Biol.* 69:1067-1091, 2007.
- [25] BOELLE (P.Y.), THOMAS (G.) & VERGU (E.), *et al.* Investigating transmission in a two waves epidemic of Chikungunya fever, Reunion Island. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2008 Jan 2; [Epub ahead of print] (in press).

Les maladies émergentes animales tropicales.

Impacts inattendus de l'influenza aviaire

Les services vétérinaires nationaux et internationaux ont su tirer partie de la crise sanitaire et économique causée par l'influenza aviaire et les risques associés de pandémie, et ont réussi à imposer l'idée d'une approche globale de la santé animale.

par Emmanuel CAMUS* et Renaud LANCELOT**

La majorité des maladies émergentes sont d'origine animale et prennent leur origine dans la très riche biodiversité tropicale, sous des climats éminemment favorables et dans des lieux où cohabitent étroitement l'homme et l'animal domestique et sauvage.

Les maladies émergentes évoquent « le génie épidémiologique des maladies » qui les fait apparaître de façon imprévue mais pas forcément imprévisible à l'esprit qui souffle de manière surprenante où il veut et quand il veut.

Outre leurs effets les plus apparents de symptômes, de mortalités, d'impact économique, les maladies émergentes peuvent avoir des répercussions plus inattendues.

A partir de l'exemple de l'influenza aviaire, va être décrit l'impact des maladies animales tropicales émergentes sur l'esprit de l'aide au développement, sur les collaborations entre organisations internationales et entre médecins et vétérinaires, sur les collaborations entre organismes financiers, sur l'organisation des services vétérinaires, sur l'organisation de la recherche, sur l'organisation de la communication et sur les modes d'élevage.

L'influenza aviaire, sous la forme causée par le virus hautement pathogène H5N1 (H5N1 HP) que nous connaissons, est né il y a plus de 10 ans en Asie du Sud Est où il a circulé de manière souvent occulte, avec quelques émergences spectaculaires, mais qui n'ont pas donné lieu à la réaction énergique et massive qui aurait été nécessaire pour le contrôler et l'éliminer. Il a ensuite connu un destin singulier en franchissant brutalement des milliers de kilomètres et en apparaissant là où peu l'attendaient (Sibérie par exemple), en frappant l'homme en contact étroit avec ses volailles, en apparaissant associé à des oiseaux migrateurs incontrôlables ou des échanges commerciaux insuffisamment contrôlés et en réapparaissant là où on pensait l'avoir maîtrisé (Thaïlande par exemple).

Autrement dit le virus H5N1 HP semble abolir les frontières géographiques et mettre à mal les barrières d'espèces, tout en entraînant des pertes considérables dans les éle-

vages, qui ne sont qu'un élément de pertes économiques beaucoup plus importantes (tourisme, affaires...) Ces caractéristiques, apparemment mystérieuses et souvent dramatiques, expliquent la très forte médiatisation de la maladie et ses impacts inattendus.

Impact sur l'esprit de l'aide au développement

Les risques d'apparition d'influenza aviaire dans les pays occidentaux, européens en particulier, sont entretenus par les nombreux foyers qui persistent en Asie du Sud-Est, en Indonésie, en Egypte et au Nigéria.

Autrement dit, garder les frontières revient à ériger des barrages contre la mer.

Le meilleur moyen d'éviter l'apparition du virus dans les pays occidentaux est de le contrôler voire de l'éliminer dans les régions où il circule régulièrement. Il s'agit de détecter précocement les foyers, de les éliminer par abattage, de vacciner éventuellement les animaux indemnes, et surtout de mieux comprendre une maladie extraordinairement complexe pour mieux la combattre.

Toutes ces actions ne peuvent se mener qu'avec le soutien financier, technique, scientifique et organisationnel de la communauté internationale.

Cette communauté, et en particulier l'occident développé, a pris conscience que la meilleure protection globale consiste à appuyer les pays en développement victimes de foyers.

Il s'agit donc d'une nécessaire solidarité qui profite aux deux parties et non plus de la traditionnelle aide au développement à sens unique. A ce titre, l'exemple de l'influenza aviaire est révélateur du concept de santé, bien public mondial. De très nombreux autres exemples de maladies infectieuses (pour ne parler que de celles-ci) pourraient être avancés, du paludisme à la variole – dont l'éradication a apporté la preuve de la validité du concept, ou de la rage à la fièvre de la Vallée du Rift.

Impact sur les collaborations entre organisations internationales, et entre médecins et vétérinaires

La distribution géographique très large de la maladie, son étonnante capacité à traverser les frontières et les continents, impliquent l'organisation d'une surveillance et d'un contrôle qui touchent aussi bien l'homme que l'animal et qui transcendent les frontières. Cela ne peut se concevoir qu'avec l'aide d'organisations internationales agissant de concert.

Le rapprochement entre l'OIE (Organisation Mondiale de la Santé Animale, chargée d'améliorer la santé animale dans le monde, notamment au travers de normes de diagnostic et de contrôle, ainsi que d'informations sanitaires) et la FAO (Food and Agricultural Organization, réalisant des projets de contrôle des maladies animales dans les PVD), déjà important dans les années 2000, a été accéléré et fortement renforcé par l'influenza aviaire. Par ailleurs, l'influenza aviaire a aussi joué un rôle clé dans les collaborations entre l'OIE et l'OMS (Santé humaine).

Les 3 organisations internationales ont ainsi pu se concerter et parler d'une seule voix

Le dialogue entre médecins et vétérinaires dont il est souvent question à propos des zoonoses, maladies transmises de l'animal à l'homme, a été particulièrement concret et fructueux de l'échelle internationale à celle du terrain. Il a cependant fallu du temps pour faire comprendre aux médecins que l'influenza aviaire est avant tout une maladie des volailles, transmise exceptionnellement à l'homme. En effet, les cas humains ne sont que le reflet de foyers animaux étendus : la maîtrise du risque de pandémie humaine due à un hypothétique virus mutant du virus H5N1 HP aviaire passe par la maîtrise de ce virus dans les populations animales.

Impact sur les collaborations entre organismes financiers

Les projets d'aide au développement donnent trop souvent l'image de concurrence entre pays et donc entre organismes financiers, avec d'inévitables redondances.

Même si tout n'est pas idyllique, l'influenza aviaire a réussi à mobiliser chaque année depuis 2004 les organismes financiers nationaux et internationaux qui s'engagent à financer les actions coûteuses de contrôle de la maladie. Chaque année un point est réalisé et les engagements sont pris en fonction des actions prévues.

La dernière réunion a eu lieu à New Delhi en novembre 2007, avec comme mot d'ordre « One World, one Health, one Medicine » reflétant bien l'aspect global du problème et de sa gestion, et la nécessaire communauté d'action. Les nouveaux engagements financiers se sont élevés à plus de 450 millions de dollars US. La France pour sa part s'est engagée entre 2006 et 2009 sur un montant de 40 millions d'euros. Jamais une maladie

animale, même zoonotique, n'avait suscité de tels engagements financiers.

La France s'est mobilisée au travers d'engagements financiers du Ministère des Affaires Etrangères et de l'Agence Française de Développement, de la mobilisation d'organismes de recherche (Institut Pasteur, Cirad, IRD, AFSSA) d'ONG (Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières), de GIP (France Vétérinaire International)...

Impact sur l'organisation des Services vétérinaires

Avec l'explosion de l'influenza aviaire, l'OIE a recommandé le renforcement de la gouvernance des services vétérinaires dans le monde entier. En effet les réseaux de surveillance et d'intervention vétérinaires incluant tous les vétérinaires, fonctionnaires ou en exercice libéral, sont en première lignes et ont une action déterminante pour alerter et contrôler les foyers de maladies.

Si l'influenza aviaire a été le facteur déclenchant de cette recommandation, elle vise plus largement toutes les maladies animales émergentes et ré-émergentes y compris les zoonoses.

Cette recommandation vise particulièrement les pays en développement, avec un appui de l'OIE et de donateurs pour renforcer la gouvernance des systèmes de santé animale.

Un argument fort en est que le coût de la prévention des crises sanitaires d'origine animale est beaucoup plus faible que les coûts sociaux, économiques et environnementaux induits par ces maladies une fois qu'elles sont installées.

Une autre conséquence en termes d'organisation vétérinaire a été la constitution en Afrique de Centres Régionaux pour la Santé Animale avec l'OIE, la FAO et le Bureau Interafricain des Ressources Animales (BIRA, organe de l'Union Africaine). Trois bureaux ont été ouverts à Bamako, Gaborone et Nairobi, avec une vocation de coordination régionale des actions sur la Santé animale. Là encore l'influenza aviaire en a été le facteur déclenchant.

Impact sur l'organisation de la recherche et sur ses thèmes

L'impact de l'influenza aviaire sur la recherche s'est aussi manifesté en Afrique. De la même manière qu'une coordination des actions de surveillance et de lutte s'est révélée rapidement indispensable, une coordination des actions de recherche à l'échelle du continent a été organisée par la plate-forme Alive (African Livestock).

Il s'agit d'une plate-forme originale réunissant les organisations internationales (FAO et OIE), des donateurs (Banque Mondiale, Ministère français des Affaires Etrangères, Commission Européenne), des organisations africaines (Union Africaine, Communautés économiques régionales, Banque Africaine de Développement) et des organismes de recherche et de formation (Cirad, International Livestock Research Institute, Ecole Inter Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar).

Un des premiers sujets de recherche fédérateur discuté sur la plate-forme a été l'influenza aviaire.

Un autre effet de l'influenza aviaire sur la recherche, a été de rassembler au sein d'un même projet (GRIPAVI financé par le Ministère français des Affaires Etrangères) des équipes de recherche françaises (Cirad, INRA), africaines (Ethiopie, Madagascar, Mali, Mauritanie, Zimbabwe) et Asiatiques (Vietnam).

Une autre originalité de certains programmes de recherche consacrés à l'influenza aviaire est la forte implication des Sciences Humaines et Sociales. En effet les méthodes de lutte préconisées (abattage et/ou vaccination) se sont heurtées rapidement à d'énormes difficultés en raison de l'incompréhension des éleveurs, des consommateurs, des vendeurs, etc. De même, des méthodes d'élevage ancestrales telles que l'élevage transhumant des canards au Vietnam, peuvent être responsable de la dissémination du virus, et ne peuvent être modifiées que si elles sont d'abord intimement comprises.

Les sciences humaines et sociales, trop souvent ignorées des biologistes, prennent alors toute leur place.

L'évaluation économique des pertes infligées par la maladie, la manière dont se restructurent les filières de productions animales, ainsi que les modifications de comportement des consommateurs sont d'autres sujets dont l'étude devient indispensable face à un tel fléau.

Impact sur la communication

Une maladie d'allure aussi mystérieuse pour le grand public, voyageant autant et capable de tuer l'homme ne peut que nourrir des peurs collectives amplifiées par des médias divers.

Les chercheurs qui sont les plus proches de la connaissance de ces « mystères », sont très sollicités par les médias et ne l'ont sans doute jamais autant été avec un autre sujet.

La communication sur un sujet aussi sensible est une arme à double tranchant et il a fallu l'organiser au sein des organismes de recherches et faire subir à quelques porte-paroles des séances de « *media-training* ». Les messages ont dû être adaptés selon les interlocuteurs et ont été délivrés sous des formes parfois peu habituelles pour les scientifiques, depuis les débats dans des cafés libertaires jusqu'à des auditions parlementaires.

Un support original a été développé spécifiquement pour l'influenza aviaire par le CIRAD et ses partenaires ; le « livret

éducatif », destiné à un large public, répondant simplement à des questions complexes et diffusé dans le monde entier en français (1) (50 000 exemplaires) puis en anglais (30 000 exemplaires), avec ensuite des demandes de traduction en vietnamien. Ce support a été particulièrement apprécié dans les pays en développement ainsi qu'en témoigne une enquête de satisfaction jointe au livret : chaque lecteur l'a fait lire en moyenne à 10 personnes autour de lui.

Impact sur les modes d'élevage

L'exemple de l'élevage transhumant de canards au Vietnam illustre bien les modifications nécessaires à apporter aux systèmes d'élevage pour aboutir à une meilleure maîtrise de la maladie. A l'autre extrémité, la très forte intensification des élevages avicoles en Asie, sans maîtrise suffisante des mesures de biosécurité, est un des éléments incriminés dans la très rapide diffusion et évolution du virus. Sans remettre en cause ce mode d'élevage, sa pérennité passe dorénavant par une amélioration très importante de l'organisation de la biosécurité.

En conclusion, les services vétérinaires nationaux et internationaux ont su tirer partie de la crise sanitaire et économique causée par l'influenza aviaire et les risques associés de pandémie. Ils ont réussi à imposer l'idée d'une approche globale de la santé animale, et de la nécessaire collaboration entre santé publique humaine et vétérinaire. Curieusement, cette maladie atypique, fléau des élevages avicoles en Asie et dans certains pays d'Europe, du Moyen Orient et d'Afrique, a ainsi eu quelques conséquences favorables.

Par une prise de conscience à laquelle ont largement contribué les vétérinaires français placés dans des organisations internationales, européennes et françaises, la communauté internationale a rapidement réagi en mobilisant des financements, des modes de coordination et d'organisation supranationaux et en adoptant la santé animale comme Bien Public Mondial.

Notes

* Directeur régional du Cirad pour le Languedoc-Roussillon.

** Coordinateur du projet EDEN, Cirad.

(1) L'influenza/grippe aviaire – Collection « Les savoirs partagés », Co-édition Cirad, OIE, FAO, UA-BIRA, CTA, MAE, CEVA, ITAVI, Agropolis.

Le règlement sanitaire international révisé

L'avenir du Règlement Sanitaire International, et avec lui celui de la sécurité sanitaire internationale, dépend aujourd'hui de la capacité des Etats, avec le soutien technique de l'OMS, à poursuivre la mobilisation qui en a justement permis la révision.

par Guénaël RODIER*

L'accélération de la mondialisation ces dernières décennies, de nature quasi-exponentielle et à une échelle sans cesse croissante, mêle de plus en plus efficacement populations, information et marchandises, dans un entrelacs de lignes aériennes et maritimes, d'autoroutes, de câbles et d'ondes électromagnétiques. Moteur d'un siècle de découvertes ininterrompues, notamment en médecine et en biologie, l'accélération de la mondialisation a permis des échanges sans précédents entre étudiants, chercheurs, et industriels de tous les continents. D'immenses progrès diagnostiques et thérapeutiques, notamment la vaccination, ont profité au plus grand nombre, en dépit des écarts de développement. L'humanité vit en meilleure santé, plus longtemps, et toujours plus nombreuse, plus urbaine et davantage interconnectée, soulevant dans ce puissant mouvement démographique de nouvelles questions et de nouveaux défis.

De nouvelles menaces infectieuses

L'inattendu est venu, comme toujours, de là où l'on ne l'attendait pas : la fin des maladies infectieuses n'a pas eu lieu. Antibiotiques, vaccins, dépistage précoce, succès de l'éradication planétaire de la variole et bientôt de la poliomyélite, diminution spectaculaire de la tuberculose et de la rougeole... : tout, dans les années 60, faisait prévoir la victoire définitive de l'homme sur les microbes. Mais la mondialisation, qui avait tant apporté, est devenue le vecteur irrépressible de la diffusion internationale de maladies émergentes ou de vieux ennemis que l'on croyait morts. L'émergence du virus de l'immunodéficience humaine (HIV), reconnue au début des années 1980, est la première pandémie du monde postmoderne. Les épidémies de choléra, de méningite, de paludisme, de dengue, de maladie du sommeil, de fièvre jaune, pour ne citer qu'elles, ont refait des ravages et l'actualité, en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Moyen-Orient. La résistance aux antibiotiques s'est installée définitivement, dans tous les pays et pour presque toutes les agents infectieux, qu'ils soient bactériens (tuberculose), parasitaires (paludisme) ou viraux (SIDA). De plus, le développement de nouveaux vaccins s'est considérablement ralenti, butant sur le nombre et la variabilité des antigènes microbiens.

La mondialisation continuant son brassage, l'émergence d'une nouvelle maladie, n'importe où sur la planète, devient *de facto* une menace pour tous, comme l'a dramatiquement démontré, en 2003, la diffusion internationale, en quelques jours, du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) [1]. Faisant près de 800 morts et soulevant un vent de panique qui a fait perdre près de 60 milliards de dollars à l'économie mondiale, le SRAS a souligné l'irruption de la santé publique dans l'économie, les voyages, et le commerce international. Des chefs d'Etat ont pris la mesure de l'impact des urgences de santé publique sur de nombreux secteurs, a priori étrangers à la santé, y compris celui, jusque-là imperméable, de la sécurité nationale. Aujourd'hui, la menace d'une pandémie de grippe se nourrit, à juste titre, du nombre croissant de victimes humaines (plus de 200 morts) infectées par un virus grippal jusque-là confiné aux oiseaux.

Un nouveau règlement sanitaire international

C'est dans ce contexte qu'en mai 2005, l'assemblée mondiale de la santé, soucieuse de ces nouvelles menaces et de l'absence d'accords internationaux pour la prévention et la coordination des « urgences de santé publique de portée internationale », a adopté la révision du Règlement sanitaire international (RSI). Le RSI révisé constitue un nouveau et remarquable cadre juridique pour la sécurité sanitaire mondiale [2]. Entré en vigueur le 15 juin 2007, il a pour but de « prévenir la propagation internationale des maladies », mais aussi d'éviter « de créer des entraves inutiles au trafic et au commerce internationaux ». Pour la première fois dans l'histoire, l'ensemble des pays du monde se sont mis d'accord sur des procédures communes, coordonnées par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), pour l'échange d'information sur tout événement susceptible de constituer une urgence de santé publique de portée internationale, quelle qu'en soit la source, infectieuse ou chimique, nucléaire ou autre, naturelle, accidentelle, ou délibérée (bioterrorisme). Le RSI ne s'appuie plus sur une liste de maladies à déclaration obligatoires mais sur un algorithme, ou instrument de décision, prenant en compte la gravité de l'évènement, son caractère inhabituel ou inattendu, son risque de propagation internationale, et le risque de restrictions aux voyages et au commerce international.

Le RSI définit aussi des procédures pour la détermination et la mise en œuvre des mesures à prendre. Sans empiéter sur la souveraineté des États, mais juridiquement contraignant, le RSI apporte un cadre international à la gestion des risques sanitaires. Il oblige les États Parties (les 193 États membres de l'OMS), non plus à se contenter de surveiller leurs frontières, mais à endiguer à la source les urgences de santé publique. Il oblige ainsi tous les pays à posséder la capacité de détecter, d'évaluer, de notifier et de déclarer des événements en application du Règlement. Les systèmes de santé publique de tous les pays se retrouvent ainsi engagés

secteurs et celui de la santé publique, tous sont essentiels, et tous bénéficieront *in fine*, de la mise en œuvre effective du RSI. L'OMS collabore ainsi avec de nombreuses autres agences internationales telles que l'Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO), l'Organisation mondiale de la Santé animale (OIE), l'Organisation de l'Aviation civile internationale (OACI), l'International Air Transport Association (IATA), Airports Council International (ACI), l'Organisation maritime internationale (IMO), ou encore l'Organisation mondiale du tourisme (OMT).



© Thierry Berrot/MONALISA/LOOK AT SCIENCES

Le RSI révisé requiert que les mesures sanitaires mises en œuvre le soient dans le respect des droits de l'homme, notamment vis-à-vis des voyageurs (système de contrôle de la température des voyageurs, Hong Kong, épidémie de SRAS, 2003).

dans le renforcement de leur moyens de veille épidémiologique, de diagnostics de laboratoire, et de préparation aux crises sanitaires, y compris au niveau de ports, aéroports et postes frontières terrestres désignés à cet effet.

Une mise en œuvre intersectorielle

Cet engagement collectif sans précédent nécessite une collaboration et des investissements intersectoriels entre santé publique et d'autres secteurs majeurs tels que l'agriculture, les transports, l'industrie, le tourisme, ou même la défense [3]. La sécurité sanitaire internationale déborde sur chacun de ces secteurs dont elle dépend pour la prévention des risques sanitaires, ou pour y faire face. En dépit d'objectifs et de culture de travail distincts entre ces

Le RSI révisé requiert aussi que les mesures sanitaires mises en œuvre le soient dans le respect des droits de l'homme, notamment vis-à-vis des voyageurs, ce qui implique plusieurs nouvelles obligations des États dans ce domaine. Enfin, l'OMS, à travers son Directeur Général, se voit renforcée dans son mandat de garant de la sécurité sanitaire internationale, à travers un rôle central de gestion des risques, de recommandation, et de coordination de l'assistance internationale en réponse à une « urgence de santé publique de portée internationale ». Seul le Directeur Général de l'OMS a le pouvoir de déclarer, et de clore, une urgence de ce type mais le RSI lui fait obligation de prendre l'avis d'un Comité d'Urgence extérieur à l'OMS, mis sur pied à partir d'une liste d'experts, de toute compétence, spécialement constituée pour les besoins du RSI.

Beaucoup reste à faire

Les défis que pose la mise en œuvre effective du RSI, pour une meilleure sécurité sanitaire internationale, sont politiques, techniques, et financiers. Sur le plan politique, trop peu de pays sont encore réellement engagés dans le renforcement de leur capacité en matière de veille et de préparation aux urgences sanitaires [4]. Ceux qui ont eu à faire face aux conséquences, souvent dramatiques, humaines, économiques, et politiques de crises dont ils gardent la mémoire, tels la Chine ou le Canada avec le SRAS, les Etats-Unis avec l'anthrax, ont développé des plans d'action nationaux et entamé les réformes et les investissements nécessaires. Mais beaucoup de travail de mobilisation, au sein des instances nationales, régionales, et internationales, reste à faire. Sur le plan technique, ce sont les défis associés à l'essor d'une nouvelle spécialité de santé de publique, avec le développement de ces outils propres pour le renseignement, la vérification, l'échange rapide d'information, l'investigation de terrain, le diagnostic des agents en cause, l'évaluation et la gestion des risques sanitaires, la communication, ou encore le travail en réseau, au plan mondial et en temps réel [5]. Enfin, les besoins financiers sont immenses, notamment dans les pays les plus à risque, et des mécanismes restent encore à trouver pour lever les fonds nécessaires pour renforcer la capacité de l'ensemble des pays.

L'avenir du RSI, et avec lui celui de la sécurité sanitaire internationale, dépend aujourd'hui de la capacité des Etats, avec le soutien technique de l'OMS, à poursuivre la mobili-

sation qui a justement permis sa révision. Espérons que cette dynamique ne soit pas trop dépendante des crises sanitaires à venir et qu'une nouvelle pandémie ne soit pas nécessaire pour enfin investir sur cette nouvelle ligne de front qu'est devenue la santé publique.

Note

* Directeur du Programme de Coordination du Règlement Sanitaire International, Organisation mondiale de la Santé.

Bibliographie

- [1] DAVID (L.), HEYMANN (D.) & RODIER (Guénael), SARS: Lessons from a new disease – Preparing for the next disease outbreak. Learning from SARS. *US National Academies Press*, 234-246, 2004.
- [2] FIDLER (D.), From international sanitary conventions to global health security: the new International Health Regulations. *Chinese J International Law*. 4:325-92, 2005.
- [3] RODIER (G.) Menace microbienne, santé publique et sécurité de l'Etat : l'urgence d'un investissement intersectoriel et d'une coopération internationale. *Géopolitique*, 95, 19-24, Edit. PUF, 2006.
- [4] RODIER (G.), GREENSPAN (A.), HUGHES (J.) & HEYMANN (D.), Global Public Health Security. *EID* Vol.13(10), 1447-1452, October 2007.
- [5] FORMENTY (P.), ROTH (CE.), GONZALEZ-MARTIN (F.), GREIN (T.), RYAN (M.), DRURY (P.), KINDHAUSER (MK.) & RODIER (G.), Les pathogènes émergents, la veille internationale et le Règlement sanitaire international. [Emergent pathogens, international surveillance and international health regulations (2005)]. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 2006 Jan;36(1):9-15, 2005.

Le Plan de continuité d'activité « pandémie grippale » dans les organisations

Toute organisation doit se préparer pour maintenir sa pérennité et la protection de ses salariés en cas de pandémie grippale. La responsabilité sociétale, l'éthique, la continuité économique des organisations sont en jeu, et désormais chacune dispose d'un savoir, mis à sa disposition par des ouvrages ou des groupes de travail, tel le club français des PCA.

par Laurence BRETON-KUENY* et le Docteur Sandrine SEGOVIA-KUENY**

La menace d'une pandémie grippale est un risque grave, mentionné comme l'un des scénarios de crise majeur par le Department of Homeland Security américain, en raison de son impact important sur la société. Ce risque nécessite une préparation, au moyen d'une démarche anticipative et proactive, de l'ensemble de la société, dans chacune de ses composantes : pour les organisations, cette préparation est basée sur la mise en place d'un Plan de Continuité d'Activité, le PCA « Pandémie grippale ».

Un premier plan gouvernemental de prévention et de lutte « Pandémie grippale » avait été élaboré en octobre 2004. Rendu public en mai 2005, il a été suivi de deux nouvelles versions (en janvier 2006, puis en janvier 2007). Celles-ci ont enrichi la dimension sanitaire du plan initial par la prise en compte de la continuité socio-économique et du volet 'sécurité publique', ainsi (dans la dernière version) qu'en donnant au citoyen une place centrale, le plan, de gouvernemental, étant devenu national. L'État a incité les entreprises (et plus largement les organisations) à élaborer un « plan de continuité d'activité Pandémie grippale » de leurs activités et à adapter le dispositif existant de protection de la santé des personnels à une éventuelle situation de pandémie. Cette incitation concerne désormais l'ensemble de la vie économique, avec l'adoption de la circulaire DGT 2007/18 du 18 décembre 2007, relative à la continuité de l'activité de l'entreprise et aux conditions de travail et d'emploi des salariés du secteur privé, en cas de pandémie grippale.

Aujourd'hui, les organisations françaises ne se considèrent pas bien informées sur les dispositifs légaux, bien que les organisations patronales diffusent des documentations et que l'État organise régulièrement des points presse consacrés à la préparation à une pandémie grippale (et bien que l'État ait mis en place un site internet spécifique).

Dans les pays anglo-saxons, la culture de la continuité d'activité est acquise. Cependant, en France, hormis dans de

grands groupes et dans des entreprises de pointe, elle ne fait qu'émerger.

Réaliser ce PCA spécifique permet à toute organisation de limiter les conséquences, directes et indirectes, de la survenue d'une pandémie grippale. On peut ajouter qu'un PCA met en valeur l'image de l'organisation (en interne, aux yeux de son personnel et, en externe, à ceux de sa clientèle, de ses prestataires et de ses actionnaires). L'élaboration du PCA et sa réactualisation régulière contribuent, de manière générale, à la réactivité de l'organisation face aux risques et à son image d'organisation compétente et réactive.

Tous les acteurs de la continuité de la vie politique et socio-économique sont concernés par l'élaboration d'un PCA, qu'il s'agisse :

- ✓ des élus : le Parlement, les conseils régionaux, les conseils généraux, les conseils municipaux ;
- ✓ de l'État : Présidence de la république et gouvernement, cabinets, administrations centrales, services déconcentrés, établissements et agences sous tutelle ;
- ✓ des collectivités territoriales et de leurs établissements publics ;
- ✓ des entreprises, quelle qu'en soit la taille ;
- ✓ des établissements de santé, des centres médico-sociaux...

La première partie du présent article sera consacrée à l'élaboration d'un PCA « Pandémie grippale » et une seconde partie l'illustrera, à travers deux exemples : celui d'une organisation publique (Radio France) et celui d'un grand groupe privé (Veolia Environnement). Sur la continuité d'activité, il existe deux documents de référence : l'ouvrage anglo-saxon du Business Continuity Institute Management et le guide BP Z 74-700 consacré au Plan de Continuité d'Activité (ces deux ouvrages ont été publiés par les Éditions AFNOR, en 2007).

La mise en place d'un plan de continuité des activités (PCA) « pandémie grippale »

Le PCA « pandémie grippale » est à la fois proche et différent des autres PCA, car dans son cas, c'est l'intégrité des personnels qui est en jeu, ce qui implique des différences, tant dans la méthodologie que dans les acteurs impliqués.

Avant l'élaboration d'un PCA « pandémie grippale », il faut :

- ✓ désigner un responsable « pandémie grippale », ainsi que son suppléant ;
- ✓ identifier les besoins en matière de continuité des activités ;
- ✓ évaluer le nombre potentiel des personnels présents sur leur lieu de travail en temps de crise, selon trois scénarii alternatifs ;
- ✓ évaluer la nature et le volume des moyens de protection nécessaires à mettre à la disposition des personnels ;
- ✓ connaître les conditions d'approvisionnement en mode dégradé, grâce à une connaissance fine des activités de leurs fournisseurs et de leurs sous-traitants ;
- ✓ maintenir les services particulièrement sensibles (énergie, communications, transports, eau potable...) ;
- ✓ évaluer les conséquences possibles de la pandémie sur les flux financiers, ainsi que sur les flux de marchandises et de personnes en France, en Europe et dans le monde, ainsi que sur la consommation des biens et des services en situation dégradée (produits d'hygiène, par exemple), prévoir les dispositifs permettant à l'organisation de recouvrer ses installations, ses données et ses biens, et déterminer les ressources nécessaires pour soutenir la continuité des activités (en termes de personnel, d'information, d'équipement, de ressources financières, de conseillers juridiques, de protection de l'infrastructure et des locaux).

La technique d'élaboration d'un (PCA) « pandémie grippale »

La technique d'élaboration du PCA repose sur plusieurs étapes successives :

- ✓ l'analyse des répercussions de la pandémie sur les activités ;
- ✓ la détermination des activités essentielles ;
- ✓ les objectifs, qui se déclinent en mesures permettant la continuité des activités ;
- ✓ les annexes techniques, pour la mise en œuvre des objectifs/mesures ;
- ✓ la démarche d'assurance qualité, comportant d'une part des exercices sur table, opérationnels, nationaux, locaux, internes à l'organisation et, d'autre part, une réactualisation régulière (à partir de celle, effectuée annuellement, du plan national de prévention et de lutte « pandémie grippale » et de ses fiches techniques).

La circulaire DGT 2007/18 du 18 décembre 2007 (1) relative à la continuité de l'activité de l'entreprise et aux

conditions de travail et d'emploi des salariés du secteur privé en cas de pandémie grippale mentionne, dans son annexe 1, dédiée au « plan de continuité » des entreprises, une trame permettant d'aider les entreprises à élaborer leur plan de continuité et à actualiser leur document unique et leur programme annuel de prévention des risques professionnels. Ce plan correspond aux dispositions de la fiche G1 (voir <http://www.ast74.fr/upload/at-cljoljp.pdf>) du plan national. Cette circulaire précise les modalités d'élaboration du plan de continuité d'activité de l'organisation et l'actualisation du document unique et du programme annuel de prévention des risques professionnels, incluant l'ensemble des mesures d'organisation de l'activité, depuis la nomination du responsable pandémie grippale, jusqu'aux mesures de l'impact (positif ou négatif) sur l'activité en cas de pandémie grippale, aux points de vulnérabilité et aux points vitaux de l'organisation, aux circuits de fonctionnement en cas de pandémie incluant, en particulier, la restauration, le nettoyage, les transports, les moyens de communication interne et externe. L'ensemble de la réflexion se base sur trois scénarios – impact faible, impact moyen, ou impact majeur – (notamment en matière de taux d'absentéisme des personnels).

L'organisation du travail sera élaborée en s'appuyant sur l'identification des postes indispensables (par fonction, mais également nominative) au maintien de l'activité de l'entreprise en mode de fonctionnement dégradé, ainsi que sur celle des modalités de fonctionnement de l'entreprise en mode dégradé (en particulier, en ce qui concerne l'aménagement du temps de travail et l'inventaire des activités réalisables en télétravail).

La prévention se basera, quant à elle, sur l'actualisation du document unique d'évaluation des risques en fonction de la pandémie grippale et/ou des nouveaux risques générés par le fonctionnement dégradé de l'entreprise et sur l'ensemble des mesures de prévention (notamment les mesures d'hygiène concourant à la prévention et à la protection des travailleurs). L'ensemble de ces mesures s'appuie sur la formation et l'information du personnel, l'identification des postes indispensables prévus par le PCA, selon les trois scénarii, la coordination avec le suivi médical assuré par la médecine du travail, les moyens de lutte contre la propagation de la pandémie, les moyens de protection individuelle (dont les masques respiratoires et les produits pour le lavage des mains).

Toutes les décisions devront faire l'objet de consultation du personnel et de ses représentants, en particulier sur le contenu du plan de continuité et du document unique, par les institutions représentatives du personnel de l'entreprise (comité d'entreprise, délégués du personnel, CHSCT) et d'une communication régulière avec le personnel sur les mesures d'organisation et de prévention.

La base d'une bonne préparation est l'évaluation des mesures pour évaluer l'état des lieux en matière de préparation et d'implémentation du PCA dans l'organisation, à tous les niveaux.

Les bonnes pratiques de mise en œuvre d'un PCA « pandémie grippale » : deux exemples

Afin d'illustrer la mise en œuvre d'un PCA « pandémie grippale », deux organisations sont ici présentées, à titre d'exemples : Radio France et Veolia Propreté. Ces deux organisations disposent d'un PCA « pandémie grippale » réalisé et/ou en cours de mise en œuvre, et elles présentent la particularité de mettre en œuvre des activités essentielles devant être assurées en cas de pandémie grippale. Radio France a d'ailleurs été désignée comme opérateur d'importance vitale, selon le décret n° 2006-212 du 23 février 2006 (2) relatif à la sécurité des activités d'importance vitale, dont l'article 3 mentionne la désignation des opérateurs concernés, pour chaque secteur d'activité, par arrêté du

continuité du service. La réalisation du PCA « Pandémie grippale » dans ces deux organisations a requis respectivement dix-huit mois, et deux ans.

Les historiques de la réalisation du PCA « pandémie grippale » dans les deux entreprises

Radio France et Veolia ont pour particularité d'avoir entrepris leur démarche précocement, dès 2005.

Rappelons, tout d'abord, que Radio France a l'obligation de lancer l'alerte nationale concernant la survenue de la pandémie, conformément au décret du 11 mai 1990 sur le Code d'alerte national, en s'appuyant sur son réseau de quarante-et-une stations locales. Pour cette entreprise

rippeaviaire
formation - information
communication

**S'INFORMER ET
INFORMER
SES PATIENTS**

**DES GESTES SIMPLES POUR LIMITER
LES RISQUES D'INFECTION**

Objectifs : Promouvoir les gestes d'hygiène essentiels à la prévention des virus respiratoires

Utils à disposition des professionnels de santé / éducatifs :

- 3 affichettes adultes
- 1 affichette adulte « picto » récapitulative des 3 gestes
- 3 affichettes enfants
- 2 stickers enfants
- 1 dépliant grand public disponible en pharmacie
- 1 fiche conseil à l'usage des médecins

© Eric Travers/SIPA

Contre les infections, les campagnes de santé publique sont primordiales.

ministre coordonnateur. L'arrêté d'application du 2 juin 2006 (3) fixe la liste des secteurs d'activité d'importance vitale et désigne les ministres coordonnateurs desdits secteurs.

Les organisations étudiées sont exemplaires par la manière dont elles ont abordé la préparation à une pandémie grippale. Il est intéressant de regarder l'historique qui a conduit chacune d'entre elles à la mise en œuvre de son PCA « pandémie grippale », les acteurs mobilisés, le contenu du PCA et, enfin, son déploiement. Un de leurs objectifs était d'éviter, en cas de survenue d'une pandémie grippale, le risque d'une peur panique générant un refus d'assurer la

publique, la diffusion d'informations de l'organisation mondiale de la santé (OMS) sur le risque de pandémie grippale en 2005 a été l'élément principal ayant motivé son engagement dans l'élaboration d'un PCA, concomitamment à la publication du premier plan gouvernemental de prévention et de lutte « Pandémie grippale. » Au même moment, Radio France recevait une demande de ses diverses tutelles (ministère de la Culture, MINEFI et directions des médias) sur ce sujet. La réalisation d'un PCA « grippe aviaire » a tiré parti des suites données aux grandes tempêtes de 1999 : à cette occasion, un réseau s'était mis en place, pour parler localement des sujets d'actualité de gestion de crise. Ce

réseau de gestion de crise – avant la crise (prévention), durant la crise et après la crise – a permis de conclure des accords avec divers interlocuteurs, notamment avec le secrétariat d'Etat aux transports (prévoyant la mise à disposition, en temps réel, d'informations sur le trafic), et avec la Croix-Rouge.

L'implémentation ne s'était pas effectuée au seul niveau national. En effet, en parallèle, une sensibilisation sur les recommandations et le suivi des épizooties avait été effectuée, en 2005, par l'intermédiaire d'une note aux directeurs, rédacteurs en chef, responsables des programmes et administrateurs régionaux, consacrée à la prévention du risque d'une pandémie de grippe aviaire.

Lors de la catastrophe survenue à Toulouse, le 21 septembre 2001, à l'usine chimique AZF, Radio France a créé ex *nihilo* une station locale, qui a émis pendant 6 mois, pour accompagner le public sinistré et traumatisé. Lors des épisodes de crise, la radio reste l'unique moyen qui permette d'atteindre rapidement des populations, et dont le rétablissement peut être le plus rapide. La notion de continuité de service est toujours recherchée, la panne associée à un « blanc » étant en permanence redoutée, et donc contrée par différents moyens.

Dès 2005, le groupe Veolia Environnement s'est engagé dans une réflexion concernant la grippe aviaire et la pandémie grippale avec différentes préoccupations, dont la protection des salariés en cas de grippe aviaire ou de pandémie grippale, la continuité pour assurer ses missions de service public essentielles à la vie et à la santé de la population, l'organisation à mettre en place dans le cadre d'une éventuelle crise sanitaire (française et/ou mondiale) et les relations avec ses clients (collectivités et industriels).

Dès septembre 2005, un groupe projet, animé par la Direction Santé du Groupe, a réuni les experts 'santé et sécurité' des quatre « divisions » : Veolia Eau, Veolia Transport, Veolia Energie et Veolia Propreté, et élaboré une communication sur le lavage des mains. En effet, des mains souillées sont un vecteur potentiel de transmission de diverses affections, même en-dehors de tout contexte de risque de grippe aviaire ou de pandémie grippale. L'objectif était de diffuser, et de renforcer certains fondamentaux en matière d'hygiène, lesquels se retrouveraient au cœur des préoccupations de tout un chacun, en cas de pandémie. Une campagne internationale de « lavage des mains » a donc été déployée, à l'attention de tous les salariés, dans les soixante-quatre pays couverts par les activités du groupe Veolia Environnement.

Le fait de communiquer puissamment sur la question de l'hygiène permettait également de parler à tous les salariés, de toutes catégories socioprofessionnelles, de toutes les religions, tous les niveaux économiques et tous les pays confondus. Cela a permis également de donner à tous les personnels des bases en matière d'hygiène, de les faire adhérer aux principes fondamentaux en la matière et de faire appliquer des mesures de santé et de sécurité à « froid », à distance de tout événement dramatique. Enfin, ceci a contribué à créer une « culture » de groupe, une histoire commune à partager, un lien social essentiel, un climat

de confiance et, ce, sur un thème universel : l'hygiène. Veolia Environnement a tout de suite considéré comme un impératif fondamental d'assurer la bonne protection de ses salariés.

Les différents acteurs parties prenantes à l'élaboration d'un PCA Pandémie grippale

A Radio France, le responsable PCA « pandémie grippale » a travaillé avec un universitaire ; ils ont décidé de se calquer sur la méthode de l'État, avec le même phasage, en prenant le plan de l'État comme fil conducteur. Le groupe de pilotage est animé par le coordonnateur, avec le secrétaire général, le médecin du travail et les directeurs généraux, pour la validation. A Radio France, une cellule de crise générale est mise en place auprès de la présidence, dans chaque direction de chaîne et dans chaque direction transverse, chacune de ces cellule comprend trois personnes.

Chez Veolia Environnement (VE), le sujet de la pandémie a été traité en deux étapes, avec des parties prenantes différentes.

Tout d'abord, un « comité Pandémie » a été créé (en octobre 2005) au sein du groupe : il réunit les responsables des services juridiques, communication, ressources humaines, gestion des risques métiers, ainsi que les directeurs « prévention hygiène sécurité et santé » de chaque division. Ce comité Pandémie était placé sous la responsabilité du DRH du groupe et animé par le directeur santé du siège social. Ses objectifs essentiels étaient de centraliser l'information touchant à la grippe aviaire et à la pandémie grippale, d'être un lieu d'échanges et d'élaboration des grandes orientations. Puis, en octobre 2006, un comité d'experts a été créé, piloté par la direction Gestion des risques, et chargé de réfléchir à la mise en place d'un PCA.

Le déploiement du PCA « pandémie grippale »

En 2007, à Radio France, le PCA global a été réalisé dans l'ensemble des chaînes. Actuellement, les personnels procèdent à la consolidation au niveau local et ils effectuent le travail de maintenance avec la communication interne et les chaînes. L'architecture est la suivante : un PCA global, 7 PCA pour les radios et les 41 PCA pour les radios locales. Ce PCA générique présente donc des adaptations locales, et une adaptabilité en fonction des caractéristiques spécifiques. A Radio France, la finalisation des PCA locaux, dans chacune des stations locales, a pris presque deux ans.

Chez Veolia Environnement, la décision a été prise de déployer le PCA d'abord au niveau du siège du groupe, puis à celui des sièges français des quatre divisions, ensuite à ceux des différents sièges de régions, des filiales ou des sièges à l'étranger, avant de le déployer sur l'ensemble des sites opérationnels. L'objectif était, à la fois, d'expérimenter la faisabilité du PCA, de valider une méthode et de commencer par l'exemplarité de la direction du groupe.

Toutes les organisations réalisant un PCA « pandémie grippale » ont investi dans l'achat de masques. Les difficultés tiennent à la gestion des stocks, au type de masques à

acheter, au délai de péremption des masques, sans omettre leur coût initial (4). Il faut également tenir compte des zones de production, en cas de nécessité de réapprovisionnement.

A Radio France, les masques ont été achetés et leur stockage est assuré par une société spécialisée externalisée.

La diffusion du PCA « pandémie grippale »

A Radio France, la diffusion du PCA est restreinte à l'encadrement, avec une version destinée au CHSCT [Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions du Travail], qui a bénéficié de trois interventions pour en tenir informés les membres, sur l'élaboration, la méthodologie et l'évaluation, les médecins de prévention ayant été consultés et informés.

En mars 2007, un site extranet, accessible mondialement à tous les correspondants accrédités au niveau de l'organisation des cellules de crise de chaque pays, a été créé, qui représente la meilleure garantie d'une réponse adaptée et, donc, d'un moindre impact en termes humain, matériel et économique, mais également politique, d'une éventuelle pandémie.

Conclusion

Toute organisation doit se préparer pour maintenir sa pérennité et la protection de ses salariés, en cas de pandémie grippale. La responsabilité sociétale, l'éthique, la continuité économique des organisations sont en jeu, et désormais chacune dispose d'un savoir, mis à sa disposition par des ouvrages ou des groupes de travail, tel le club français des PCA (5).

Face à ce changement radical dû à l'anticipation d'une crise causée par une pandémie grippale menaçant la société à tous les niveaux, il est important de souligner que, comme dans le cas de la vaccination, la protection de tous dépend de notre capacité à nous être préparés. Cette démarche est longue, mais elle est indissociable de l'image de responsabilité à laquelle toute organisation est attachée.

Notes

* PhD, Directrice des Ressources Humaines AFNOR Groupe.

** Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire.

Pour en savoir plus :

« Réaliser un PCA « pandémie grippale ». Pourquoi et comment ». Editions AFNOR 2008.

(1) <http://www.asmis.net/circulaire18122007%20pandem%20grip.pdf>

(2) <http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/UnTexteDeJorf?numjo=PRMX0500312D>

(3) <http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/UnTexteDeJorf?numjo=PRMX0609332A#>

(4) Plan gouvernemental « Pandémie grippale » Fiche G.4 – Modalités d'acquisition des masques.

(http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/grippe_aviaire/fiches_tech_niques/fiche_g4.pdf)

Les appareils de protection respiratoire FFP2 sont livrés à l'acheteur pour une quantité minimale d'un conteneur (38 m³, 125 000 masques environ, à un prix unitaire de 36,5 à 38 centimes d'euro hors taxe, au prix actuel des matières premières (février 2006). Les prix peuvent atteindre 46 centimes/pièce.

(5) <http://www.clubpca.eu/xoops/modules/pages/>

For our English-speaking readers...

EMERGING INFECTIOUS DISEASES

Issue editor: Benoît Lesaffre

Editorial

François Valérien

Foreword: *Emerging infections, a "global" challenge*

Benoît Lesaffre

Inventory and issues

Emerging diseases: Illusion or reality?

Yves Coquin and Jacques Chemardin

The frequent implication of new (or transformed) pathogens, the unexpected occurrence of something unpredictable, the existence of an animal host or vector (an independent variable with its own "logic"), the seriousness of the disease, its economic and social impact, human reactions (technological or behavioral) – these often overlapping factors account for the outbreak of a new illness or the resurgence of a familiar one.

The causes underlying the emergence of disease agents

Didier Raoult

Three phenomena come into play in the outbreak of new illnesses: knowledge of the causes, the "globalization" of disease agents and of their vectors (mosquitos, ticks, etc.), and the variability of microbes.

The risks of food infections

Catherine Bouvier-Blaizot

The fight against disease agents has not yet reached an end; new ones will always crop up. Their incidence will be limited thanks to: a stability in health and social policies, a continuity in decision-making, the transparency and facility of relations between local and centralized authorities, scientific and technical know-how and the determination to increase it, the improvement of working conditions, and cooperation inside national as well as international networks.

The media's power and a major health emergency

Xavier Emmanuelli interviewed by Benoît Lesaffre and François Valérien

According to this former cabinet member, a major health emergency is inevitable, and our Internet society with its rumors and media is much less prepared than during a more authoritarian era. A crisis will entail a frenetic quest for information, and we will have to be courageous enough to accept information that contradicts ideologies, doctrines and standard procedures.

Will the changing climate affect infectious diseases?

François Rodhain

Improving the population's health has always been a priority used to justify development programs. Nowadays, development, by altering the climate, seriously threatens health. It is necessary to reduce the effects of the underway climate change and find the means for adapting as best possible thanks to a specifically human quality: cultural adaptability. The question of infectious diseases must be placed in its general – bioclimatic, socioeconomic and political – setting.

Knowledge, surveillance and alerts

The history and relevancy of the Pasteur Institute's international network

Maxime Schwartz

There is no equivalent in the world to the creation, maintenance and extension of the Pasteur Institute's network. Why? In the beginning, Louis Pasteur's prestige sufficed to explain why the first establishments were set up. Since their motivation was to render service to the host country, the establishments in this network have continued operations regardless of political circumstances.

Simulating outbreaks of emerging diseases: Chikungunya fever and influenza

Pierre-Yves Boëlle

For the first time in history, the possibility exists of controlling epidemics at the source if the necessary means are used, as proven by the SARS outbreak (Severe Acute Respiratory Syndrome). However this possibility should not be interpreted as a warrant of success. It turned out to be rather easy to control SARS by isolating patients – an action that would not be possible during a flu pandemic. Interventions have to be based on epidemiological studies grounded on ever improved observations.

Ecosystems, entomology and the fight against disease vectors

Didier Fontenille

As experience has proven, controlling illnesses borne by vectors is seldom achieved through a single approach, whether by fighting against the vectors, their hosts or pathogenic agents. Only an integrated approach is realistic. New knowledge and technology provide us with exceptional opportunities for making a great leap forward in coping with targeted vectors in a way that respects the environment and is accepted by the population.

Actions in the field and recent lessons

Chikungunya fever: Looking back on a surprising epidemic and its management

Evelyne Falip, Marie Bâville, Bernard Faliu and Yves Coquin

No one can remain indifferent to the fact that, despite the efforts and means used, more than a third of the population on the islands of Reunion and Mayotte contracted Chikungunya fever in less than two years. It was probably impossible to fend off the epidemic, since several key factors related to this disease, its pathogenic agent and vector came to be understood only afterwards. As a retrospective analysis shows, health authorities were able – even though the means devoted to fight against the vector decreased over time – to organize to cope with the epidemic and draw the lessons from it.

The Chikungunya fever epidemic in the Indian Ocean, 2005-2006: The first lessons

Antoine Flahault

In February 2006, the French prime minister decided to set up a multidisciplinary unit of scientists, headed by the author of this article,

from various disciplines (clinicians, virologists, immunologists, statisticians, epidemiologists, sociologists, entomologists, veterinaries) for coordinating research on Chikungunya fever in Reunion and Mayotte. This task force's assignment was later broadened to cover dengue in the French Antilles and Guiana. An initial assessment is presented herein with the first lessons to be learned from the Chikungunya epidemic that struck nearly 40% of the population on the two islands and killed 248 people: one death per thousand cases.

***Emerging animal diseases in the tropics:
The unexpected impact of avian influenza***

Emmanuel Camus and Renaud Lancelot

National and international veterinary services have learned from the health crisis and economic problems caused by bird flu and its risk of reaching pandemic proportions. They have carried the day by imposing the idea of a global approach to animal health.

The modified International Health Regulations

Guénaél Rodier

The future of International Health Regulations and, consequently, of international health safety now depends on the ability of countries to pursue, with WHO's technical support, the mobilization that made the overhaul of the IHR possible.

Plan for continuing activities (PCA) in case of an influenza outbreak

Laurence Breton-Kueny and Dr. Sandrine Segovia-Kueny

All organizations must be prepared to carry on with their activities and protect wage-earners during an influenza epidemic. The organization's or firm's sense of social responsibility, its ethics and the continuity of its economic activities are at stake. Information is now available in printed material and through work groups, such as the French PCA club.

An unsere deutschsprachigen Leser...

DIE NEUEN INFEKTIONSKRANKHEITEN

Leitartikel

François Valérian

Vorwort : die neuen Infektionskrankheiten, eine „globale“ Herausforderung

Benoît Lesaffre

Zustandsbeschreibungen und Problemkreise

Die neuen Krankheiten : Illusion oder Realität ?

Yves Coquin et Jacques Chemardin

Die häufige Beteiligung eines neuen (oder veränderten) Infektionserregers und das plötzliche Auftreten eines unvorhergesehenen Phänomens, die Existenz von Überträger-Tierarten oder eines Vektors (der eine zusätzliche Variable darstellt, die unabhängig ist und einer eigenen Logik gehorcht), die Schwere und die wirtschaftlichen und/oder gesellschaftlichen Auswirkungen, die Bedeutung des humanen Faktors (im Zusammenhang mit Technologien oder Verhaltensweisen), sind Elemente, die oft ineinander verwoben sind, und die dazu beitragen, dass eine besondere Krankheit sich verbreitet oder eine bereits bekannte Krankheit erneut Aktualität gewinnt.

Die Ursachen für das Auftreten von Infektionserregern

Didier Raoult

Drei zusammen wirkende Phänomene erklären das Auftreten neuer Infektionskrankheiten : eine bessere Kenntnis der Infektionserreger, die globale Verbreitung dieser Erreger und ihrer Vektoren (Mücken, Zecken) und eine beträchtliche Vielfalt von Keimen.

Neue Infektionsrisiken in der Nahrungsmittelindustrie

Catherine Bouvier-Blaizot

Der Kampf gegen Infektionserreger nimmt wahrscheinlich kein Ende : es werden immer wieder neue auftreten. Politische und gesellschaftliche Stabilität, Kontinuität in den Entscheidungsprozessen, transparente und unkomplizierte Beziehungen zwischen den Regionen und eine zentrale Autorität, wissenschaftliche und technische Kompetenz, ständige Verbesserung des Kenntnisstandes, gute Arbeitsbedingungen und offene Zusammenarbeit nationaler und internationaler Netzwerke sind die Bedingungen zu ihrer Bekämpfung.

Medienmacht und Gesundheitskrise

Gespräch mit Xavier Emmanuelli. Mit dem ehemaligen Minister diskutierten Benoît Lasaffre, Ingenieur der Forst- und Wasserwirtschaft, und François Valérian, Chefredakteur der *Annales des Mines*.

Eine Gesundheitskrise großen Ausmaßes ist unausweichlich, und unsere Gesellschaft, in der das Internet und die Medien eine bedeutende Rolle spielen, ist weit weniger darauf vorbereitet als in Zeiten einer starken Machtinstanz. Tatsächlich wird die Krise durch die entfesselte Suche nach Informationen begleitet, und es ist Mut dazu erforderlich, Informationen zu akzeptieren, die der Ideologie, der Doktrin oder den Prozeduren widersprechen.

Wird der Klimawandel sich auf die Infektionskrankheiten auswirken ?

François Rodhain

Eine bessere Gesundheit der Bevölkerungen war immer ein entscheidendes Kriterium, um Entwicklungsprogramme zu rechtfertigen. Im Zuge dieser Entwicklung sind neue Risiken wie der Klimawandel entstanden, der auch eine Bedrohung der Gesundheit darstellt. Da der Klimawandel bereits eingesetzt hat, muss versucht werden, die Auswirkungen zu reduzieren. Vor allem muss man nach Wegen suchen, sich den veränderten Klimaverhältnissen so gut es geht anzupassen, indem man auf einen Faktor setzt, der dem Menschen von jeher eigen ist : die kulturelle Anpassungsfähigkeit. Darum müssen wir die Frage der Infektionskrankheiten im allgemeinen Kontext betrachten, der

gleichzeitig bioklimatischer, sozioökonomischer und politischer Natur ist.

Erkenntniszuwachs, Beobachtung und Gefahrenbewusstsein

Geschichte und Aktualität des internationalen Pasteur - Netzwerks

Maxime Schwartz

Die Gründung, der Fortbestand und die Entwicklung des Netzwerks der Pasteur-Institute ist in der Welt ohnegleichen. Wie lässt sich dieser Erfolg erklären ? Am Anfang führte das Prestige von Louis Pasteur zur Gründung der ersten Institute des Netzwerks. Da sie das Ziel hatten, dem Gastgeberland dienlich zu sein, gelang es den Instituten, ihr Fortbestehen trotz aller politischen Wechselfälle zu sichern.

Zur systematischen Erforschung neuer Krankheiten : die Beispiele des Chikungunya-Fiebers und der Grippe-Pandemie

Pierre-Yves Boëlle

Heute zeichnet sich zum ersten Mal in der Geschichte die Möglichkeit ab, Epidemien an ihrer Quelle zu beherrschen, wenn die notwendigen Mittel dazu bereitgestellt werden. Die Bekämpfung des SARS-Syndroms (schweres akutes respiratorisches Syndrom) zeigt, dass diese Möglichkeit reell ist, auch wenn sie nicht als eine Erfolgsgarantie betrachtet werden darf. Tatsächlich war diese Krankheit durch die Isolation der erkrankten Patienten leicht zu kontrollieren, was jedoch im Falle einer Grippe-Pandemie wahrscheinlich nicht möglich sein wird.

Die notwendige Bedingung für die Bekämpfung neuer Krankheiten ist das Vorhandensein einer immer leistungsfähigeren Epidemiologie.

Ökosysteme, Insektenforschung und anti-vektorielle Bekämpfungsmethoden

Didier Fontenille

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Bekämpfung der vektoriierten Krankheiten selten allein durch eine einzige Methode gelungen ist, ob es der Kampf gegen die Vektoren ist, gegen die Krankheitserreger oder die Kontrolle der Tierbestände, und dass nur eine integrierte Methode realistisch ist. Die neuen Erkenntnisse und Technologien bieten uns außerordentliche Möglichkeiten für einen Sprung nach vorn zu einem gezielten anti-vektoriellen Vorgehen, das der Umwelt nicht schadet und von der Bevölkerung angenommen wird.

Lokale Maßnahmen und die jüngsten Lehren

Chikungunya : Analyse einer überraschenden Epidemie und der Gegenmaßnahmen

Evelyne Falip, Marie Bâville, Bernard Faliu und Yves Coquin

Niemand kann gegenüber der Tatsache gleichgültig bleiben, dass trotz aller Bemühungen und trotz aller bereitgestellten Mittel in weniger als zwei Jahren mehr als ein Drittel der Bevölkerung von La Réunion und Mayotte am Chikungunya-Fieber erkrankte. Die Epidemie zu verhindern, war sicherlich nicht möglich, und zahlreiche Schlüsselfaktoren zum Verständnis der Krankheit, ihres Erregers und ihres Vektors sind erst im Nachhinein erkannt worden. Doch retrospektive Analysen können beweisen, dass trotz der fortlaufend reduzierten Mittel für anti-vektorielle Maßnahmen die Gesundheitsbehörden in der Lage waren, die Epidemie einzudämmen und die Lehren daraus zu ziehen.

Die Chikungunya-Epidemie im indischen Ozean 2005-2006. Erste Lehren

Antoine Flahault

Im Februar 2006 beschließt der Premierminister, ein interdisziplinäres Gremium zur Bekämpfung der Chikungunya-Epidemie in La Réunion und Mayotte einzusetzen (später auch gegen das Dengue-Fieber auf

den Antillen und in Guyana). Dieser „task-force“, die vom Autor dieses Artikels geleitet wurde, gehörten Forscher verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen an (klinische Ärzte, Virusforscher, Immunologiespezialisten, Statistiker, Epidemiologen, Soziologen, Insektenforscher, Tierärzte). Es wird eine erste Bilanz gezogen, um die ersten Lehren aus einer Epidemie zu ziehen, von der fast 40 % der Bevölkerung von La Réunion und Mayotte betroffen waren und die in einem Fall von 1000 zum Tode führte. (248 Todesfälle).

Die neuen tropischen Tierseuchen. Die unvorhergesehenen Auswirkungen der Vogelgrippe

Emmanuel Camus und Renaud Lancelot

Die nationalen und internationalen Veterinärämter haben aus der Vogelgrippe, aus der durch sie ausgelösten wirtschaftlichen Krise und aus den Risiken einer Pandemie nützliche Lehren gezogen. Es ist ihnen gelungen, globale Perspektiven für die Gesundheit von Tierbeständen zu entwickeln.

Zur Revision der internationalen Gesundheitsbestimmungen

Guénaél Rodier

Die Zukunft der internationalen Gesundheitsbestimmungen und mit ihnen die internationale Sicherheit im Gesundheitsschutz hängt heute

von der Fähigkeit der Staaten ab, mit Unterstützung der Weltgesundheitsorganisation die Mobilisierung fortzusetzen, die die Revision der Bestimmungen möglich gemacht hat.

Der Notfallplan „pandémie grippale“ zur Sicherung der Kontinuität in den Organisationen

Laurence Breton-Kueny und Docteur Sandrine Segovia-Kueny

Jede Organisation muss vorbereitende Maßnahmen zur Sicherung des eigenen Fortbestands treffen und im Falle einer Grippepandemie den Schutz der Beschäftigten gewährleisten. Die gesellschaftliche Verantwortung, die Ethik und die wirtschaftliche Kontinuität der Organisationen stehen auf dem Spiel. In Zukunft verfügen alle Organisationen über das notwendige Wissen, das durch Studien oder Arbeitsgruppen vermittelt wird, die sich mit Notfallplänen zur Kontinuitätssicherung befassen. Hierzu gehört der „club français des PCA“.

Koordinierung der Beiträge von Benoît LESAFFRE.

A nuestros lectores de lengua española...

LAS INFECCIONES EMERGENTES

Editorial

François Valérian

Prólogo: las enfermedades infecciosas emergentes, un desafío mundial

Benoît Lesaffre

Panorama y problemáticas actuales

Las enfermedades emergentes, ¿ilusión o realidad?

Yves Coquin y Jacques Chemardin

La implicación frecuente de un agente infeccioso nuevo (o transformado) y la aparición inopinada de un fenómeno previsible, la existencia de un depósito animal, incluso de un vector (que constituye una variable adicional, independiente y que obedece a una lógica propia), la gravedad y el impacto económico y/o social, la intervención de un factor humano (tecnológico o comportamental) son elementos, frecuentemente imbricados, que contribuyen a la emergencia de una enfermedad en particular o una reactualización de una enfermedad ya conocida.

Las causas de la emergencia de los agentes infecciosos

Didier Raoult

Tres fenómenos que explican la aparición de nuevas enfermedades infecciosas se conjugan por regla general: un mejor reconocimiento de los agentes infecciosos, la globalización de dichos agentes y de sus vectores (mosquitos, garrapatas) y una variabilidad importante de los gémenes.

Evolución de los riesgos infecciosos alimentarios

Catherine Bouvier-Blaizot

La lucha contra los agentes infecciosos probablemente no tiene fin: nuevos agentes aparecerán siempre. Su incidencia será limitada por una estabilidad política y social, la continuidad en las decisiones, relaciones transparentes y cordiales entre los territorios y una autoridad centralizada, el conocimiento científico y técnico, una voluntad de mejorar los saberes, condiciones de trabajo idóneas, una colaboración sin reticencias de las redes nacionales e internacionales.

El poder de los medios y las crisis sanitarias importantes

Entrevista con Xavier Emmanuelli, ex ministro francés para los asuntos humanitarios, realizada por Benoît Lesaffre, ingeniero general de recursos hídricos y forestales, y François Valérian, jefe de redacción de los *Annales des Mines*.

En cualquier momento, una crisis sanitaria mayor ocurrirá y nuestra sociedad de Internet, de rumores y de medios de comunicación está menos preparada para ello que en los tiempos del poder fuerte. De hecho, la crisis se caracteriza por la búsqueda desenfadada de información, y se debe tener el valor de aceptar la información que contradice la ideología, la doctrina o los procedimientos.

¿Puede el cambio climático tener un efecto sobre las enfermedades infecciosas?

François Rodhain

La mejora de la salud de la población ha representado siempre un objetivo primordial para justificar los programas de desarrollo. Actualmente, este mismo desarrollo, al tener un impacto considerable sobre el clima, puede representar una amenaza para la salud al crear nuevos riesgos. Ahora que el cambio climático ya está en marcha,

debemos tratar de reducir sus efectos y sobre todo buscar los medios para adaptarnos lo mejor posible, apostando por un factor puramente humano: la adaptabilidad cultural. Para ello, debemos inscribir el problema de las enfermedades infecciosas dentro de su marco general, a la vez bioclimático, socio-económico y político.

Conocimiento, vigilancia y alertas

Historia y actualidad de la red internacional de los Institutos Pasteur

Maxime Schwartz

La creación, la conservación y la continuación de la extensión de la red de los Institutos Pasteur no tienen equivalente en el mundo entero. ¿Cuáles son las razones? Al principio, el prestigio de Louis Pasteur llevó a la creación de los primeros establecimientos de la red. Como el objetivo era prestar servicio a los países anfitriones, los institutos pudieron mantenerse sin importar las vicisitudes políticas.

La modelización de las epidemias de enfermedades emergentes: los ejemplos de la fiebre chikungunya y de la epidemia gripal

Pierre-Yves Boëlle

Hoy en día y por primera vez en la historia, aparece la posibilidad de poder controlar las epidemias en su fuente, si los medios necesarios se ponen en marcha. El control de la epidemia de SRAS (síndrome respiratorio agudo severo) demuestra que esta posibilidad es real, pero que no debe interpretarse como una garantía de éxito. En realidad, esta enfermedad demostró ser fácil de controlar mediante el aislamiento de los pacientes afectados, lo que no seguramente no podrá realizarse con la gripa epidémica.

La condición necesaria de estas intervenciones es la existencia de una epidemiología de observación cada vez más eficaz.

Ecosistemas, entomología y lucha antivectorial

Didier Fontenille

La experiencia demuestra que el control de las enfermedades transmitidas por vectores se logra raramente mediante un enfoque único, ya sea la lucha contra los vectores en sí, la lucha contra los agentes patógenos o el control de los depósitos. Sólo un enfoque integrado es realista. Los nuevos conocimientos y las nuevas tecnologías nos ofrecen oportunidades excepcionales de dar un gran salto hacia una lucha antivectorial bien enfocada, que respete el medio ambiente y sea aceptada por la población.

Acciones sobre el terreno y lecciones recientes

Fiebre Chikungunya, análisis de una epidemia sorprendente y de su gestión

Evelyne Falip, Marie Bâville, Bernard Faliu y Yves Coquin

Nadie puede ser indiferente frente al hecho de que, a pesar de todos los esfuerzos realizados y todos los medios desplegados, más de la tercera parte de la población de las islas Mayotte y de la Reunión haya contraído la fiebre chikungunya en menos de dos años. Sin duda, evitar la epidemia no hubiese sido posible y numerosos factores claves de comprensión de la enfermedad, de su agente responsable y de su vector sólo se conocieron *a posteriori*. No obstante, el análisis retrospectivo tiene a demostrar que, a pesar de la reducción, al cabo de cierto tiempo, de los medios destinados a la lucha antivectorial, las autoridades sanitarias supieron organizarse para enfrentar la epidemia y que también aprendieron la lección.

Epidemia de chikungunya en el Océano Índico en 2005-2006. Primeras lecciones.

Antoine Flahault

En febrero de 2006, el primer ministro francés decidió crear un grupo interdisciplinario de coordinación de las investigaciones sobre el chikungunya en las islas de La Reunión y Mayotte (que se prolongaría ulteriormente para tratar el dengue en las Antillas y en la Guyana Francesa). Esta "task force", presidida por el autor del artículo, está conformada por investigadores de varias disciplinas científicas (médicos generales, médicos hospitalarios, virólogos, inmunólogos, estadísticos, epidemiólogos, sociólogos, entomólogos, veterinarios). En el artículo se realiza un primer balance que presenta las primeras lecciones de una epidemia que afectó a más del 40% de la población de La Reunión y Mayotte, y provocó una muerte por cada mil casos (248 muertes).

Las enfermedades emergentes en animales tropicales. Impactos inesperados de la gripa aviar

Emmanuel Camus y Renaud Lancelot

Los servicios veterinarios nacionales e internacionales supieron aprovechar la crisis sanitaria y económica causada por la gripa aviar y los

riesgos asociados a la epidemia, y supieron imponer la idea de un enfoque global de la salud animal.

El Reglamento Sanitario Internacional revisado

Guénaël Rodier

El futuro del Reglamento Sanitario Internacional, junto con el de la seguridad sanitaria internacional, depende de la capacidad de los Estados, con el apoyo de la OMS, de continuar con la movilización que permitió su revisión.

El Plan de continuidad de actividad "epidemia gripal" en las organizaciones

Laurence Breton-Kueny y la Dra. Sandrine Segovia-Kueny

Todas las organizaciones deben prepararse para mantener su perennidad y la protección de sus empleados en caso de epidemia gripal. La responsabilidad social, la ética, la continuidad económica de las organizaciones están en juego y, en adelante, cada una dispone de un saber, puesto a su disposición por obras o grupos de trabajo, tales como el club francés de los Planes de Continuidad de Actividad.

Dossier coordinado por Benoît Lesaffre.

НАШИМ ЧИТАТЕЛЯМ, ГОВОРЯЩИМ ПО-РУССКИ

Эмерджентные инфекции

Редакционная статья
Франсуа Валериан

Предисловие: эмерджентные инфекционные заболевания, «глобальный» вызов
Бенуа Лезафр

Задачи и состояние дел

Эмерджентные заболевания: иллюзия или реальность?
Ив Кокен и Жак Шемарден

Частая вовлеченность нового (или трансформированного) возбудителя инфекции и внезапное появление непредсказуемого феномена, существование источника, или даже переносчика, в животном мире (который представляет собой дополнительную переменную, которая независима и подчиняется своей собственной логике), опасность и экономические или социальные последствия, появление человеческого фактора (технологического или поведенческого) – все это представляет собой явления, зачастую тесно взаимосвязанные, которые содействуют возникновению нового или возвращению уже известного заболевания.

Причины возникновения возбудителей инфекции
Дидье Рауль

Три взаимосвязанных феномена объясняют появление новых инфекционных заболеваний: лучшая распознаваемость возбудителей инфекции, глобализация этих возбудителей и их переносчиков (комары, клещи) и значительная изменчивость микробов.

Эволюция рисков пищевых инфекций
Катрин Бувье-Блезе

Борьба с возбудителями инфекций, похоже, бесконечна: всегда будут появляться все новые и новые агенты. Их воздействие будет ограничено политической и социальной стабильностью, последовательностью принятия решений, гласностью и согласованностью отношений между регионами и центральной властью, научно-технической компетенцией, стремлением к приобретению новых знаний, надлежащими условиями труда, безоговорочным сотрудничеством национальных и международных сетей

Власть средств массовой информации и чрезвычайный санитарный кризис

Беседу с Ксавье Эммануэли, бывшим министром
провели Бенуа Лезафр, генеральный инженер службы по охране вод и лесов, и Франсуа Валериан, главный редактор Хроники горного дела

Чрезвычайный санитарный кризис неизбежен, и наше общество Интернета, распространяющихся слухов и средств массовой информации подготовлено к нему хуже, чем во времена сильной власти. Действительно, кризис характеризуется бешеной погоней за информацией, и надо иметь мужество для принятия информации, которая противоречит идеологии, доктрине или установленным процедурам.

Могут ли климатические перемены оказывать влияние на инфекционные заболевания?
Франсуа Роден

Улучшение здоровья населения всегда являлось главным аргументом для оправдания программ развития. Сегодня это развитие, изменяя климат, может представлять угрозу для здоровья, создавая новые риски. Поскольку климатические перемены уже начались, надо попытаться сократить их последствия и главное – найти способ приспособиться к ним наилучшим образом, делая ставку на человеческий фактор: культурную приспособляемость. Для этого мы должны поместить проблему инфекционных заболеваний в общие рамки – биоклиматические, социально-экономические и политические.

Знания, контроль и бдительность

История и нынешнее положение международной сети институтов Пастера
Максим Шварц

Создание, поддержание и продолжение расширения Сети институтов Пастера не имеют прецедентов в мире. Как это произошло? Изначально престиж Луи Пастера благоприятствовал созданию первых учреждений сети. Поскольку они ставили задачей служение принимающим их странам, институты продолжали свое существование несмотря на превратности политической ситуации.

Моделирование эпидемий эмерджентных болезней: примеры чикунгуны и пандемии гриппа
Пьер-Ив Бозль

Сегодня, впервые в истории, появилась возможность бороться с эпидемиями у их источника, при условии задействования необходимых средств. Контроль эпидемии тяжелого острого респираторного синдрома (SRAS) показывает, что такая возможность реальна, но ее не следует рассматривать как гарантию успеха. Действительно, оказалось, что эту болезнь легко контролировать посредством изоляции заболевших пациентов, что не всегда будет возможно в случае пандемического гриппа. Необходимым условием для таких мер является существование эффективной эпидемиологии наблюдения.

Экосистемы, энтомология и борьба с переносчиками инфекции
Дидье Фонтений

Опыт показывает, что контроль инфекционных болезней редко достигается благодаря единому подходу, идет ли речь о борьбе с переносчиками, патогенными факторами или о контроле резервуаров инфекции, и что только интегрированный подход является реалистичным. Новые знания и новые технологии предоставляют нам исключительные возможности для продвижения к направленной борьбе с переносчиками инфекции, соблюдающей экологические требования и одобряемой населением.

Действия на местах и недавние уроки

Чикунгуны: внезапная эпидемия и ее управление
Эвелина Фалип, Мари Бавиль, Бернар Фалью и Ив Кокен

Никто не может оставаться безразличным к тому факту, что несмотря на все предпринятые усилия и задействованные меры, более трети маори и реюньонцев заболели чикунгуной менее чем за два года. Не вызывает сомнения факт, что избежать эпидемии было невозможно, и многочисленные ключевые факторы для понимания болезни, ее возбудителя и переносчика были обнаружены значительно позднее. Тем не менее, ретроспективный анализ показывает, что несмотря на сокращение средств, посвященных борьбе с переносчиком инфекции, санитарные власти сумели организовать для противостояния эпидемии, и смогли извлечь из нее уроки.

Эпидемия чикунгуны в Индийском океане в 2005–2006 гг.
Первые уроки
Антуан Флао

В феврале 2006 г. премьер-министр принял решение о создании междисциплинарного координационного комитета по исследованиям чикунгуны в Реюньоне и Майотте (работа которого была продолжена для изучения лихорадки денге на Антильских островах и в Гвиане). Эта специальная комиссия, под председательством автора статьи, состояла из ученых разных профилей (врачей-клиницистов, вирусологов, иммунологов, статистиков, эпидемиологов, социологов, энтомологов, ветеринаров и пр.). В статье подводятся первые итоги и рассматриваются первые уроки эпидемии, которая поразила около 40% населения Реюньона и Майотты и от которой погиб каждый тысячный житель (248 смертельных случаев).

**Эмерджентные тропические заболевания животных.
Неожиданные последствия птичьего гриппа
Эмманюэль Камю и Рено Лансло**

Национальные и международные ветеринарные службы смогли извлечь уроки из санитарного и экономического кризиса, спровоцированного птичьим гриппом и рисками, сопутствующими пандемии, и смогли настоять на идее глобального подхода к здоровью животных.

**Пересмотр международного санитарного регламента
Гуэнаэль Родье**

Будущее Международного санитарного регламента, и вместе с ним международной санитарной безопасности, зависит сегодня от способности государств, при технической поддержке МОЗ, продолжать мобилизацию, которая собственно и предоставила возможность для его пересмотра.

**План непрерывности деятельности против «пандемии гриппа» в организациях
Лоранс Бретон-Кюэни и доктор Сандрин Сеговия-Кюэни**

Каждая организация должна принимать меры, чтобы обеспечить непрерывность своей деятельности и быть готовой к защите своих сотрудников в случае пандемии гриппа. Ответственность предприятия, этика, экономическая преемственность организаций подвергаются опасности, и отныне каждая из них располагает информацией, предоставляемой разработками или рабочими группами, такими как французский клуб Планов непрерывности деятельности.

Координатор досье: Бенуа Лезафр