

ÉDITO



De la recherche à la santé publique

Covid-19, grippe, infections d'origine alimentaire, rage, méningites... Plusieurs unités de recherche à l'Institut Pasteur sont spécialisées dans l'étude des agents pathogènes (virus, bactéries, champignons) responsables de ces maladies, et d'autres encore. Au-delà de la compréhension du fonctionnement et de l'évolution de ces micro-organismes, ces équipes cherchent à mettre au point des outils diagnostiques et thérapeutiques pour mieux lutter contre les infections. Sur la base de leur haut niveau d'expertise, le ministère de la Santé a nommé 14 « Centres nationaux de référence » (CNR) adossés à ces unités pasteurienne, comme vous le lirez dans ces pages. Sous la responsabilité de Santé publique France, ces CNR sont des observatoires des maladies infectieuses, chargés notamment de donner l'alerte en cas d'épidémie. Leur mission de surveillance bénéficie des recherches menées dans nos laboratoires ainsi que des plateformes technologiques de l'Institut Pasteur. Pour toujours mieux faire barrage aux maladies infectieuses, votre présence à nos côtés est déterminante.

Pr Stewart Cole,

Directeur général de l'Institut Pasteur

LE DOSSIER



Pathogènes sous surveillance

12 cas de méningites en Auvergne-Rhône-Alpes : les autorités lancent une campagne de vaccination des jeunes... 42 cas de salmonellose liés à la contamination de chocolats pour enfant ; 56 cas d'infections graves par *E. coli* après consommation de pizzas surgelées : les produits sont retirés du marché... Près de 2500 cas confirmés de variole du singe en France : des recommandations sont données aux personnes à risque...*

* Chiffres de Santé Publique France le 21/08/2022.

SUITE P. 2



P. 08

ACTUALITÉS

**Vers un traitement
de la prééclampsie ?**



P. 09

QUESTION MÉDECINE

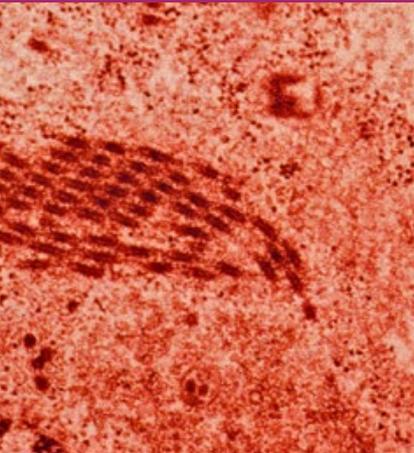
**Qu'est-ce qu'une
méningite ?**



P. 10

INTERNATIONAL

**Zika : l'étude des
moustiques vecteurs
précise la menace**



Culture de cellules infectées
par le virus Ebola.

À ce jour, il existe
dans le monde plus
de 1 400 espèces
d'agents pathogènes
capables d'infecter
l'être humain.



• • •

Face à une maladie infectieuse, les soignants ne sont pas les seuls à se mobiliser. Biologistes, épidémiologistes et enquêteurs des services de santé sont sur le qui-vive, car l'agent pathogène responsable peut se propager à travers la population. Certains sont si dangereux qu'ils font l'objet d'une surveillance constante, indispensable pour détecter et endiguer rapidement les épidémies. En France et dans le monde, des réseaux d'experts se tiennent prêts à lancer l'alerte, à remonter jusqu'à la source d'une contamination, et à agir sur le terrain pour rompre la chaîne des transmissions.

À ce jour, il existe plus de 1 400 espèces d'agents pathogènes capables d'infecter l'être humain. En France, les maladies infectieuses sont responsables chaque année de 25 à 30 000 décès (hors Covid-19). Certains microbes sont connus depuis longtemps comme le bacille de la peste, ou les virus de la grippe et de la rage, mais d'autres n'ont émergé que récemment, comme les virus Ebola, Zika et bien sûr le SARS-CoV-2.

Pour lutter contre ces virus, bactéries, champignons, parasites, et contre les maladies qu'ils causent, les chercheurs et les médecins font sans cesse avancer nos connaissances sur leur biologie, et développent tout un arsenal d'outils diagnostiques et de prévention.

L'histoire d'une rencontre entre recherche et santé publique

Au début du XX^e siècle, la surveillance des maladies infectieuses en France se limitait à une liste de 13 maladies à déclaration obligatoire, pour alerter les autorités locales et prévenir la propagation des épidémies. Face à la mondialisation des échanges et à l'émergence de nouvelles maladies, ce système s'est étoffé. Les fièvres hémorragiques, le sida ou encore les infections alimentaires liées à la production industrielle requièrent en effet une surveillance de laboratoire capable de caractériser la souche du pathogène identifié. Cette expertise permet de relier l'origine des cas, parfois éloignés

• • •



ACTION
PASTEUR

Mycoses : les champignons sous surveillance



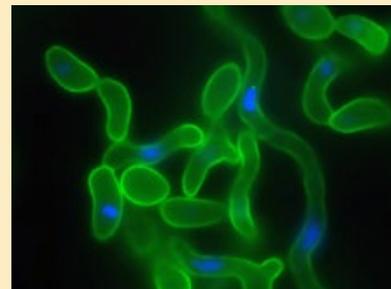
Nous cohabitons avec une grande diversité de champignons microscopiques présents naturellement dans notre environnement, dont la fonction principale est de dégrader la matière organique. Si le vivant a développé

la capacité de leur résister, cet équilibre peut néanmoins être rompu à l'occasion de maladies comme le sida, ou de traitements affaiblissant le système immunitaire comme les chimiothérapies ou les greffes. Les patients deviennent alors sensibles à des infections fongiques opportunistes : cryptococcoses, candidémies, aspergilloses, mucomycoses... Elles font l'objet d'une surveillance par le CNR Mycoses invasives et antifongiques, adossé à l'unité Mycologie moléculaire de l'Institut Pasteur.

« En une dizaine d'années, nous avons pu rassembler plus de 10 000 cas d'infections fongiques, ce qui nous a permis de faire une analyse exhaustive de leur évolution en France. » explique **Stéphane Bretagne**,

co-directeur du CNR. « Leur nombre n'a pas augmenté, mais la mortalité associée n'a pas diminué, signe qu'il est nécessaire de personnaliser les traitements. » Contrairement aux autres centres, le CNR Mycoses invasives et antifongiques travaille en effet sur un grand nombre de germes, dont les maladies s'expriment très différemment selon l'environnement.

Grâce à l'unité de recherche à laquelle il est adossé et aux plateformes de séquençage génomique de l'Institut Pasteur, le CNR peut étudier la plupart des infections fongiques. « Nous sommes capables de caractériser les résistances des champignons pathogènes aux médicaments antifongiques, d'étudier comment elles ont été acquises et comment elles se sont diffusées dans l'environnement. » souligne Stéphane Bretagne. « Cette expertise nous permet de prodiguer des conseils de prévention et de traitement aux hôpitaux et aux laboratoires, face à des germes rares ou des situations exceptionnelles. »



Champignon *Candida albicans* (en haut).
Aspergillus fumigatus (en bas).

L'Institut Pasteur en première ligne de la surveillance des pathogènes

L'institut Pasteur héberge actuellement sur son campus parisien 14 Centres Nationaux de Référence (CNR), soit près du tiers des centres français, chargés de la surveillance de nombreux agents pathogènes. Nommés par le ministère de la Santé, ils sont sous la responsabilité de Santé publique France. Tous sont adossés à des unités de recherche, et bénéficient des plateformes technologiques et de la logistique de l'Institut Pasteur. Sept d'entre eux sont également Centres Collaborateurs de l'Organisation Mondiale de la Santé (CCOMS). Le Pasteur Network (anciennement « Réseau international des Instituts Pasteur ») héberge également 17 CCOMS au sein de ses 33 membres.

Agents pathogènes surveillés par les CNR hébergés à l'Institut Pasteur :

Virus

- Les virus des infections respiratoires, dont la grippe et le SARS-CoV-2
- Le virus de la rage
- Les virus à l'origine de fièvres hémorragiques, comme Lassa ou Ebola
- Les Hantavirus, transmis par les rongeurs

Bactéries

- Les *Clostridium*, dont la bactérie responsable du botulisme
- Les *Yersinia*, parmi lesquelles le bacille de la peste
- Les *Corynebacterium*, dont celle causant la diphtérie
- Les *Shigella*, *Salmonella*, et *Escherichia coli*, responsables d'infections alimentaires potentiellement graves
- Les *Leptospira*, pouvant entraîner des insuffisances rénales
- Les *Listeria*, dont la « bactéries des réfrigérateurs » à l'origine de la listériose
- Les *méningocoques* ainsi que *Haemophilus Influenzae*, responsables de méningites
- Les *vibrions*, parmi lesquels l'agent du choléra
- Les *Bordetella*, dont le bacille de la coqueluche

Champignons

- *Candida*, *aspergillus*, *cryptococcus*...



Manipulation au CNR des Virus des infections respiratoires, adossé à l'unité de Génétique moléculaire des virus ARN.

• • •

dans le temps ou l'espace, et d'identifier les foyers épidémiques. Dès les années 50, de nombreux instituts et laboratoires ont spontanément créé des centres de référence qui conservaient des souches de diverses familles de pathogènes, certaines remontant même au XIX^e siècle. Les chercheurs se servaient de ces collections pour améliorer les techniques employées dans le diagnostic et les traitements, mais aussi comprendre la manière dont les maladies se propageaient. Ces centres furent intégrés au réseau national de surveillance en 1972, pour devenir Centres Nationaux de Référence (CNR) pour la lutte contre les maladies transmissibles.

Les « CNR », experts sentinelles

Le système de surveillance français bénéficie pleinement des travaux scientifiques conduits dans les laboratoires, et les CNR, adossés pour la majorité d'entre eux à des unités de recherche, sont au cœur de ce dispositif. Il en existe 44 aujourd'hui, placés sous la responsabilité de Santé publique France. Chaque CNR est chargé de la surveillance en France d'un ou plusieurs types d'agents infectieux. En s'appuyant sur les réseaux de médecins et de laboratoires qui leur fournissent échantillons et informations,

SUITE P. 4

• • •

Méningites bactériennes : une surveillance en temps réel

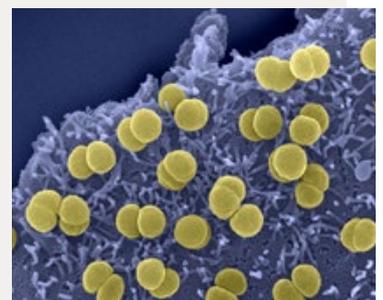


Chaque année, environ 500 cas d'infections invasives au méningocoque sont recensés en France. Selon la souche de la bactérie et la susceptibilité de l'hôte, elles peuvent entraîner des méningites, mortelles en l'absence de traitement immédiat. La stratégie la plus efficace est ainsi la prévention par la vaccination, mais il existe tant de souches différentes de méningocoque qu'un seul vaccin ne saurait toutes les couvrir.

Pour faire face à ce problème, le CNR Méningocoques et *Haemophilus influenzae*, dirigé par **Muhamed-Kheir Taha**, mène une veille microbiologique de chaque instant : « *Nous sommes capables de donner aux autorités de santé publique une image en temps réel des souches qui circulent en France, de leurs caractéristiques, et de déterminer l'efficacité de la couverture vaccinale en cas d'épidémie.* » Toutes ces données sont autant d'aide à la décision et à l'intervention, notamment par des actions ciblées de vaccination, comme ce fut le cas cet été en Auvergne Rhône-Alpes : « *Une souche qui nous était complètement inconnue touchait les jeunes entre 16 et 24 ans. Nous avons pu séquencer son génome, montrer la grande similitude des isolats et l'efficacité des deux vaccins contre cette souche, et ainsi promouvoir la vaccination auprès des jeunes de cette région.* »

Une telle efficacité n'aurait pas été atteinte sans l'activité de recherche de l'unité Infections bactériennes invasives de l'Institut Pasteur, que Muhamed-Kheir dirige également. « *Dès les années 2000, nous avons développé des techniques performantes de caractérisation des méningocoques, une spécificité pasteurienne. La liaison recherche-surveillance a une forte valeur ajoutée.* »

Neisseria meningitidis adhérant à la surface de cellules épithéliales.



Bactéries *Escherichia coli*.

les CNR ont pour mission de signaler aux autorités de santé tout événement inhabituel comme l'émergence d'une nouvelle souche, ou la survenue de cas groupés pouvant faire craindre une épidémie, et d'apporter leur expertise et éclairer les décisions prises par les autorités sanitaires, comme l'élaboration de stratégies vaccinales. Véritables observatoires des maladies infectieuses, Les CNR conservent également la mémoire des épidémies. Leurs collections, se chiffrant parfois en centaines de milliers de souches, permettent de mettre en relation des échantillons séparés de plusieurs années. C'est ce qui a par exemple permis d'identifier qu'une même usine était à l'origine d'une contamination de lait en poudre par des salmonelles, ayant causé l'infection de près de 200 nourrissons entre 2005 et 2017. Cette affaire, pour laquelle l'alerte avait été donnée par le CNR *Escherichia coli*, *Shigella* et *Salmonella* (Voir encadré ci-contre), a été résolue grâce à l'utilisation d'une technique nouvelle, qui a permis de faire rentrer la surveillance des maladies infectieuses dans une nouvelle ère : celle du séquençage génomique.

Les clefs du génome ouvrent de nouvelles portes à la surveillance

Le risque épidémique est aujourd'hui plus élevé qu'il y a un siècle, du fait de la destruction des éco-systèmes, des modes de production industrielle, des échanges et voyages internationaux. En parallèle, les systèmes d'alerte et les connaissances sur la biologie des agents pathogènes se sont grandement améliorés. L'arrivée des tests PCR en 1989 a permis de réduire la durée nécessaire pour détecter un pathogène : il a fallu 2 ans dans les années 80 pour isoler le virus du sida, et 2 mois en 2003 pour isoler celui du SRAS-1.

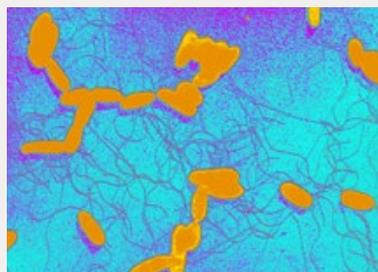
Aujourd'hui, ce temps se compte en jours grâce au séquençage génomique à haut débit (voir p.9). Une fois le génome d'un pathogène obtenu, il est facile de mettre au point un test diagnostique pour repérer les premiers foyers d'une épidémie. Cette technique a permis aux chercheurs de détecter la présence du SARS-CoV-2 en Europe quatre jours après l'arrivée des premiers échantillons, et de séquencer leur génome en 24h (voir Entretien). Aujourd'hui les délais de production des séquences se sont considérablement réduits,

Infections alimentaires : agir dès les premiers cas

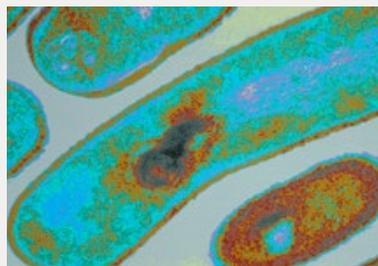


Des produits alimentaires sont régulièrement retirés du marché suite à une contamination par des bactéries. Les infections alimentaires touchent 10 000 à 16 000 personnes chaque année en France. Parmi les bactéries les plus dangereuses, les salmonelles et *Escherichia coli* sont surveillées chez l'homme par le CNR *Escherichia coli*, *Shigella* et

Salmonella, dirigé par **François-Xavier Weill**, et chargé de donner l'alerte en cas d'épidémie. Chaque année, il analyse entre 10 000 et 12 000 nouvelles souches, qui viennent augmenter les collections issues de plus de 80 années de surveillance (celle des salmonelles comprend à elle seule environ 400 000 souches). Cette mémoire des épidémies est très utile pour la surveillance : « Lors de l'affaire du lait en poudre contaminé en 2017, nous nous sommes aperçus que la souche de salmonelle isolée des nourrissons était identique à celle responsable d'une épidémie similaire ayant eu lieu en 2004 ; il s'agissait de la même usine. » C'est lors de cette affaire que le CNR utilisa pour la première



fois le séquençage génétique à haut débit, grâce aux techniques développées au sein de l'unité Bactéries pathogènes entériques de l'Institut Pasteur, également dirigée par François-Xavier Weill. « Ce sont les travaux de recherche initiés il y a 15 ans qui ont permis cela. »



En haut : bactérie *Salmonella*.
En bas : bactérie *Listeria monocytogenes*, agent de la listériose ou « bactérie des réfrigérateurs ».

Ces avancées permettent au CNR d'être très réactif, et d'orienter les épidémiologistes sur le terrain pour que les autorités puissent retirer du marché un aliment contaminé. « Dans l'affaire récente des pizzas contaminées par un *Escherichia coli* producteur de Shiga-toxine, le séquençage génétique a joué un rôle fondamental dans l'enquête épidémiologique. »

SUITE P. 6





L'ENTRETIEN

Vincent Enouf

Directeur adjoint du Centre National de Référence des Virus des infections respiratoires, au sein de l'unité de Génétique moléculaire des virus à ARN, Directeur de la Plateforme de microbiologie mutualisée (P2M).

« Tout a été triplé pendant la pandémie de Covid-19 : le personnel, les machines, les quantités d'échantillons... »

Sur quels virus travaillez-vous ?

Au CNR, nous travaillons depuis deux ans et demi sur le SARS-CoV-2, mais nous n'avons jamais arrêté d'étudier et de surveiller les autres virus responsables d'infections respiratoires dont nous avons normalement la charge (grippe, virus respiratoire syncytial responsable de la bronchiolite, rhinovirus, coronavirus saisonniers...). Si nous avons pu réagir rapidement pendant la crise, c'est que nous avons justement utilisé les réseaux qui fonctionnaient pour la grippe, notamment un réseau regroupant plus d'une cinquantaine de laboratoires hospitaliers. Nos missions de surveillance lorsqu'un nouveau pathogène est rencontré passent en premier lieu par le développement de tests adaptés.

Comment se sont passés les débuts de la pandémie de Covid-19 au CNR ?

Dès janvier 2020, lorsque les équipes chinoises ont mis en ligne la séquence du virus, mon équipe et moi-même avons commencé à travailler sur une technique de détection spécifique, que nous avons ensuite distribuée aux laboratoires hospitaliers en France sous la gouvernance de la Direction générale de la Santé (en 2009, nous avons d'ailleurs déjà développé une technique similaire pour détecter le virus A (H1N1) de la grippe pandémique). Le 20 janvier, nous recevons des échantillons, et le 24 nous détectons grâce à notre test un cas positif en France, le premier cas confirmé en Europe. Je me souviens encore du moment où une de mes collaboratrices

m'a annoncé : « *Vincent, il y a quelque chose dans ton tube...* ». Immédiatement, nous mettons en culture le virus dans notre laboratoire de haute sécurité P3. Le 26 janvier, nous publions en ligne le génome complet de ce SARS-CoV-2. Une telle réactivité n'aurait pas été possible sans la plateforme de microbiologie mutualisée (P2M) de l'Institut Pasteur, dont je suis responsable. Nous avons tout de même dû nous adapter en un temps record ; tout a été triplé pendant la pandémie de Covid-19 : le personnel, les machines, les quantités d'échantillons...

Quel est l'avantage de cette plateforme ?

C'est une plateforme ouverte qui permet le séquençage génétique à haut débit de tous types d'agents pathogènes, de manière industrielle : il faut au maximum 10 jours pour avoir son résultat contre

plusieurs semaines dans les autres laboratoires. Lorsque la plateforme a été créée en 2015, elle était destinée à produire 15 000 séquences annuelles ; depuis le début de cette année on en est déjà à 35 000 rien que pour le SARS-CoV-2, et on continue de séquencer les autres agents pathogènes ! P2M a été labellisée plateforme nationale en 2021. Nous participons à l'effort national en déposant les séquences que nous produisons ici sur le serveur EMERGEN, construit par l'Institut Français de Bioinformatique et coordonné par Santé Publique France. Toutes ces données permettent de suivre l'évolution génétique du SARS-CoV-2 à l'échelle de la France.

Quelle est la place du CNR au sein de l'Institut Pasteur ?

Outre P2M et l'unité Génétique moléculaire des virus à ARN, auxquelles est adossé le CNR, nous avons été aidés par de nombreuses équipes de l'Institut Pasteur. Sans les algorithmes de bioinformatique d'Etienne Simon-Lorière, les analyses de résultats sérologiques de Yohann Madec et d'Arnaud Fontanet, et surtout la logistique impeccable de l'Institut Pasteur, nous n'aurions pas pu stocker, traiter et analyser la masse d'échantillons que nous avons reçus pendant la crise. Nous avons besoin de ces métiers et spécialistes qui sont en dehors du CNR pour fonctionner au mieux et mettre en valeur les données que nous produisons. La surveillance des agents pathogènes bénéficie de l'environnement pasteurien, de la logistique à la recherche en passant par la communication.

“

La surveillance des agents pathogènes bénéficie de l'environnement pasteurien, de la logistique à la recherche en passant par la communication.”

Cellule d'Intervention Biologique d'Urgence (CIBU) de l'Institut Pasteur. Observation d'un effet cyto-pathogène au microscope inversé en laboratoire P3.



Une cellule d'intervention biologique d'urgence



L'Institut Pasteur héberge la Cellule d'intervention biologique d'urgence (CIBU), créée le 11 septembre 2002 par la direction générale de l'Institut Pasteur sous l'impulsion de la direction générale de la Santé, et dirigée par **Jean-Claude Manuguerra** (voir ci-contre). Cette cellule de 16 personnes, disponible 24h/24 et 7j/7, peut être mobilisée pour répondre aux urgences microbiologiques en France et dans le monde.

Elle vient en renfort des CNR du campus pasteurien, comme ce fut le cas au début de la pandémie de Covid-19, et de celle de grippe H1N1 en 2009. Partenaire de l'Organisation Mondiale de la Santé, l'Institut Pasteur à travers la CIBU intervient aussi pour lutter contre les maladies émergentes comme Ebola en Guinée ou en République Démocratique du Congo.

Lorsque les chercheurs de la CIBU ne sont pas en intervention, la plupart travaillent au sein de l'unité Environnement et risques infectieux de l'Institut Pasteur, également dirigée par Jean-Claude Manuguerra. Cette unité mène des recherches sur l'identification des nouveaux pathogènes et des mécanismes de leur persistance : « *Si la CIBU est dans l'alerte et l'intervention, nos recherches nous permettent de se préparer aux futures émergences, et d'intervenir rapidement sur le terrain. Nous travaillons par exemple sur la sérologie du virus Zika bien avant l'épidémie. Lorsqu'elle est arrivée, nous avons déjà des tests à disposition. La situation est similaire pour l'épidémie actuelle de variole du singe : cela faisait trois ans que nous menions des recherches fondamentales sur cette maladie, et certains tests de détection du virus que nous avons mis au point sont utiles aujourd'hui.* »

• • •

et le séquençage génomique à haut débit nécessite du matériel coûteux. Beaucoup de pays n'ont pas encore accès à cette technique et il leur est difficile de mettre en place une surveillance aussi efficace. Or les agents pathogènes ne connaissent pas de frontières : de nos jours, un virus peut faire le tour de la terre en 24 heures. Pour agir contre les menaces épidémiques, des réseaux internationaux de surveillance et d'intervention ont fait leur preuve.

La surveillance dans le monde : une coordination des services nationaux

Il existe plusieurs réseaux de surveillance internationaux, comme le Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (ECDC) à Stockholm, fondé après l'épidémie de SRAS en 2003. Mais les plus importants d'entre eux ont été créés par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) : Euroflu contre la grippe, ou encore le GOARN*, un réseau mondial d'alerte et d'action en cas d'épidémie. Plutôt que de créer ses propres institutions, l'OMS suit depuis sa création dans les années 50 une politique de coordination des activités de recherche et de surveillance en s'appuyant sur l'expertise de centres de références du monde entier. Ainsi l'OMS a nommé plus de 800 centres collaborateurs dans 80 pays, dont 15 en France. Ce réseau international permet à l'OMS d'assurer une veille globale, et en cas d'alerte, d'envoyer des équipes sur le terrain pour prélever des échantillons, organiser le diagnostic et la prise en charge des malades (dont la vaccination) et le suivi épidémiologique des cas (voir Portrait). C'est ainsi que le virus Ebola d'Afrique de l'Ouest fut identifié par un centre français fin mars 2014, après que l'OMS lui eut envoyé un échantillon de ce qu'elle suspectait être une fièvre hémorragique. La majorité des institutions dédiées à la surveillance des pathogènes se sont également données pour mission de former et de développer les ressources sanitaires des pays ne disposant pas des infrastructures et du personnel adéquats. La surveillance des agents pathogènes et des maladies infectieuses est en effet une affaire globale : quel que soit l'endroit de la planète où elles surgissent, nous sommes tous potentiellement concernés.

* Global Outbreak Alert and Response Network.



Cellules bronchiques humaines (en bleu) infectées par SARS-CoV-2 (orange).

Jean-Claude Manuguerra, virologiste et vétérinaire sur le qui-vive

Directeur de la Cellule d'Intervention Biologique d'Urgence de l'Institut Pasteur et responsable de l'Unité Environnement et risques infectieux, Jean-Claude Manuguerra est toujours prêt à partir au bout du monde en cas de flambée épidémique.

C'est à l'âge de 7 ans que Jean-Claude Manuguerra décide qu'il deviendra vétérinaire pour « sauver des animaux » comme son héros Marsh Tracy, dans la série télévisée *Daktari*. Etudiant, il découvre la microbiologie à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, et enchaîne les stages jusqu'à rencontrer en 1986 le virologue Claude Hannoun, responsable de l'unité d'Écologie virale à l'Institut Pasteur, qui l'accueille dans son laboratoire. « J'étais fou de joie, très fier d'être à l'Institut Pasteur... et je le suis toujours, d'ailleurs ! ». Si Jean-Claude s'intéressait déjà aux maladies transmises par les animaux à l'humain, Claude Hannoun l'oriente vers la grippe, un problème de santé animale autant qu'humaine. Cette expérience va le marquer et va faire prendre à sa carrière un nouveau tournant, le poussant à s'engager dans un cursus de recherche en virologie, sans pour autant renoncer à sa thèse de doctorat vétérinaire.

La grippe sous haute surveillance

C'est donc fort de deux thèses que Jean-Claude entame un post-doctorat à Londres, au National

Institute for Medical Research, où le virus de la grippe humaine a été identifié pour la première fois en 1933. Le jeune chercheur y travaille sur les gripes du cheval et du porc, jusqu'à ce que l'Institut Pasteur lui propose en 1995 de prendre la co-direction du Centre National de Référence (CNR) du virus de la grippe. Clin d'œil du destin, il dirigera également par intérim l'unité d'Écologie virale, après le départ à la retraite de Claude Hannoun. À 32 ans, Jean-Claude est désormais chargé de la surveillance des virus de la grippe circulant en France. De la baie de Somme au parc naturel du Marquenterre, il mène des recherches sur le franchissement de la barrière d'espèces des virus d'oiseaux sauvages.

La chasse aux maladies émergentes à travers le monde

Lorsque l'OMS lance, en 2000, le « Réseau mondial d'alerte et de réponse aux épidémies* » Jean-Claude est membre du comité de pilotage, et commence à enchaîner les missions à l'étranger. La première porta sans surprise sur la grippe, qui sévissait à Madagascar en 2002.

La même année, le virologue met en place une Cellule d'Intervention Biologique d'Urgence à l'Institut Pasteur (CIBU, voir p.6). D'astreinte 7j/7 et 24h/24, cette structure intervient en cas d'épidémie pour aider à identifier l'agent en cause, et mène des recherches sur la détection des pathogènes ou leur persistance dans l'environnement. Equipés d'un laboratoire mobile, le virologue et son équipe de « *cibuistes* », interviennent régulièrement à l'international lorsque des foyers épidémiques se déclarent : Asie (SRAS), Mexique (grippe H1N1), Moyen-Orient (MERS), Afrique (Ebola)... L'intensité de ces missions est parfois extrême, comme face à l'épidémie de SRAS à Hanoï en 2003 : « Avec ma formation de véto, je n'étais pas habitué à voir des morts humains. J'ai vu des détresses qui n'avaient rien de comparable avec ce que je connaissais ». Quand il n'est pas en déplacement avec la CIBU, c'est au sein de son unité Environnement et risques infectieux que Jean-Claude poursuit ses travaux.

L'épreuve de la pandémie de Covid-19

Grâce à ses recherches sur le coronavirus SARS-1 en 2003, l'équipe de Jean-Claude avait à sa disposition une RT-PCR capable de détecter le SARS-CoV-2. La CIBU fut donc mobilisée dès la première vague pour effectuer des séquençages d'urgence, alors que le CNR Infections des virus respiratoires était submergé. « C'était très dur : nous venions au début la nuit, puis tous les weekends pendant 4 mois en déployant jusqu'à 9 personnes par weekend, et puis des nouveaux outils ont été développés et tout le monde a pu s'y mettre. » Aujourd'hui, Jean-Claude Manuguerra fait aussi partie du Groupe consultatif scientifique sur les origines des nouveaux agents pathogènes, créé par l'OMS pour enquêter sur les origines du SARS-CoV-2, et éviter l'émergence de nouveaux virus.

* GOARN: Global outbreak alert and response network.



De gauche à droite : Jessica Vanhomwegen, Jean-claude Manuguerra et Camille Escadafal lors d'une mission « Ebola » en Guinée – DR.

GROSSESSE

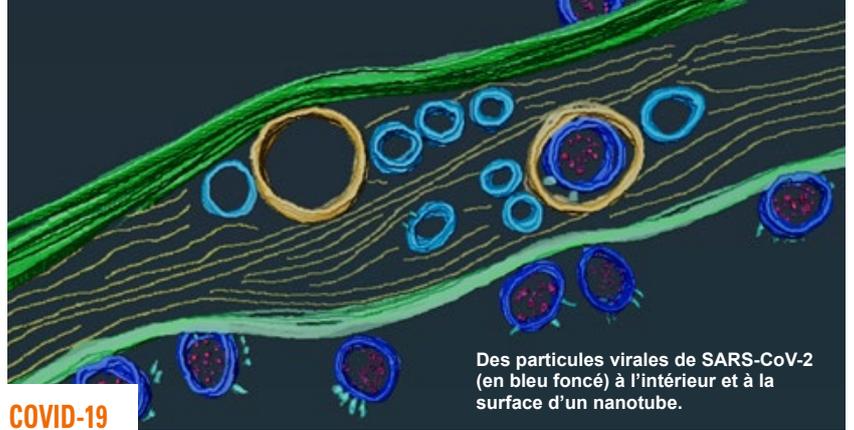
Vers un traitement de la prééclampsie ?

Environ 2 à 8 % des femmes enceintes dans le monde souffrent de « prééclampsie », une maladie du placenta, dangereuse à la fois pour le fœtus et pour la mère : chaque année, 50 000 femmes et plus d'un million de fœtus ou de nouveaux-nés en meurent.



Elle provoque hypertension artérielle, protéinurie (présence importante de protéines dans les urines), anomalie de la coagulation dans le placenta, anomalies cardiovasculaires chez la mère, et retard de croissance fœtale. Elle peut aussi provoquer des effets cardiovasculaires, rénaux, cérébraux et hépatiques chez la mère des années après la grossesse. Le seul recours (partiel) aujourd'hui est la prise préventive d'aspirine par les patientes à risque, qui fait baisser l'état pro-coagulant dans le placenta et soulage partiellement le réseau vasculaire. Des chercheurs* proposent une nouvelle thérapie, qui corrige, dans des modèles expérimentaux, les défauts identifiés dans les cellules du placenta, restaure poids placentaire et poids fœtal, rétablit la pression artérielle, la protéinurie et les anomalies cardiovasculaires chez la mère. C'est en étudiant les mécanismes cellulaires et moléculaires impliqués dans la prééclampsie que les chercheurs ont mis à jour une cascade d'événements délétères due au dysfonctionnement des cellules du placenta, puis montré qu'un facteur nommé BH4 permettaient de les corriger. Pour eux, « un traitement avec le BH4 seul ou combiné avec l'aspirine pourrait être une solution thérapeutique pour de nombreux cas de prééclampsie. » Une hypothèse à valider par des études cliniques.

* Étude menée par l'équipe de Miria Ricchetti (Département de biologie du développement et cellules souches de l'Institut Pasteur/CNRS) et en particulier par Laurent Chatre (à présent CNRS/ Université de Caen Normandie) avec l'équipe de Daniel Vaiman (Institut Cochin, Inserm/CNRS/Université Paris Cité), et une équipe américaine de l'Université du Mississippi.



COVID-19

Des particules virales de SARS-CoV-2 (en bleu foncé) à l'intérieur et à la surface d'un nanotube.

Le SARS-CoV-2 détourne les nanotubes reliant les neurones afin de les infecter

Des symptômes neurologiques – perte de goût ou de l'odorat, ou encore troubles cognitifs (perte de mémoire, difficultés à se concentrer) – sont souvent associés à la Covid-19, durant la phase aiguë de la maladie comme sur le long terme (Covid longue). Comment le virus SARS-CoV-2 pénètre-t-il dans les cellules du cerveau ? Des chercheurs* ont montré, grâce à des approches de pointe en microscopie électronique, que le virus détourne des nanotubes, c'est-à-dire des ponts reliant les cellules infectées et les neurones. Il parvient ainsi à pénétrer les neurones, pourtant dépourvus du récepteur ACE2 auquel le virus se fixe habituellement. Le virus se déplace aussi sur la surface extérieure des nanotubes : « On peut voir les nanotubes comme des tunnels avec une route au-dessus, qui permettent l'infection de cellules non-permissives, comme les neurones, mais qui facilitent aussi la propagation de l'infection entre les autres cellules. » soulignent les auteurs. L'utilisation du microscope Titan Krios, aujourd'hui le plus puissant du monde, a permis d'évaluer la structure du SARS-CoV-2 et l'architecture des nanotubes (voir photo).

* Dans l'unité Trafic membranaire et pathogénèse, dirigée par Chiara Zurzolo à l'Institut Pasteur, en coopération avec les plate-formes de Bioimagerie ultrastructurale et de Nanoimagerie de l'Institut Pasteur.

MÉMOIRE

Apprendre ou se souvenir : identification d'un interrupteur neuronal

Notre système de mémoire alterne entre des temps d'apprentissage et de remémoration, deux fonctions qui mettent en action des circuits neuronaux bien distincts. Comment le cerveau passe-t-il d'un état à l'autre ? Pour le découvrir, les chercheurs ont utilisé la réalité virtuelle pour « téléporter » une souris dans un autre environnement tout en enregistrant son activité cérébrale. Grâce à un jeu vidéo très simple, les souris apprennent à explorer différents mondes virtuels et obtiennent des récompenses sous forme de sucre quand elles suivent correctement les règles du jeu. Au moment précis où l'animal est téléporté dans un nouveau monde virtuel, les scientifiques ont enregistré un signal électrique dans l'hippocampe, région du cerveau essentielle à la formation et à la remémoration. Cet « interrupteur » de l'activité neuronale permet donc au cerveau d'alterner entre « mode remémoration » et « mode apprentissage » en fonction des informations présentes dans l'environnement, et de trouver l'équilibre indispensable entre la formation de nouveaux souvenirs et la remémoration de souvenirs existants.



Environnement de réalité virtuelle visualisé par la souris.

* Étude menée par Ruy Gómez-Ocádiz, dans le laboratoire Circuits neuronaux de la navigation et de la mémoire spatiales, dirigé par Christoph Schmidt-Hieber à l'Institut Pasteur, en collaboration avec des physiciens de l'École normale supérieure, de l'université Paris Sciences & Lettres, et du CNRS.

Prélèvement de méningocoques avant ensemencement sur boîte de culture.



INFECTIONS

Qu'est-ce qu'une méningite ?

La méningite est une inflammation des enveloppes entourant le cerveau, les méninges. Les causes infectieuses sont des virus, des champignons, des parasites et des bactéries. Les méningites virales sont les plus fréquentes mais les méningites bactériennes restent les plus graves, dans toutes les tranches d'âge.

La bactérie la plus redoutable à cause de son potentiel épidémique est le méningocoque (*Neisseria meningitidis*). Spécifique à l'homme, il est présent de manière asymptomatique dans les voies respiratoires de 10 % de la population, et déclenche des épidémies de manière périodique partout dans le monde, touchant environ 1 million de personnes par an. Malgré l'existence de traitement antibiotiques, son taux de mortalité avoisine les 10 %,

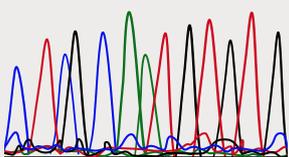


notamment à cause de la fulgurance de l'infection. La prévention par la vaccination reste ainsi le meilleur moyen de lutter contre les méningites à méningocoques. La plupart d'entre eux sont spécifiques à certains des douze groupes de méningocoques connus. En France, la vaccination contre les méningocoques du groupe C est obligatoire chez les nourrissons, tandis que celle contre le groupe B est recommandée chez les < 2 ans et elle est aussi contextuelle, par exemple en cas d'épidémie comme celle du printemps 2022 en Auvergne-Rhône-Alpes (voir encadré p.3). La vaccination contre les autres groupes de méningocoques (A, W et Y) n'est recommandée que chez les sujets à risques et les voyageurs en zone endémique.

FOCUS

Qu'est-ce que le séquençage génétique à haut débit ?

Chez tous les êtres vivants, l'information génétique est contenue dans la molécule d'ADN sous la forme d'un « texte » constitué par l'enchaînement de quatre nucléotides (Adénine, Thymine, Guanine et Cytosine), désignés par les lettres A, T, G, et C. Chaque gène correspond à une « phrase » particulière de ce texte, dont le déchiffrement est appelé séquençage génétique.



ACATAGGCTCTCTG

La première séquence d'un génome, l'ensemble des gènes d'un organisme, est obtenue en 1977. Il s'agit de celui d'un bactériophage (virus de bactéries), long de 5.375 nucléotides ; le génome humain en compte lui 3 milliards ! Il faudra attendre 2003 pour qu'il soit

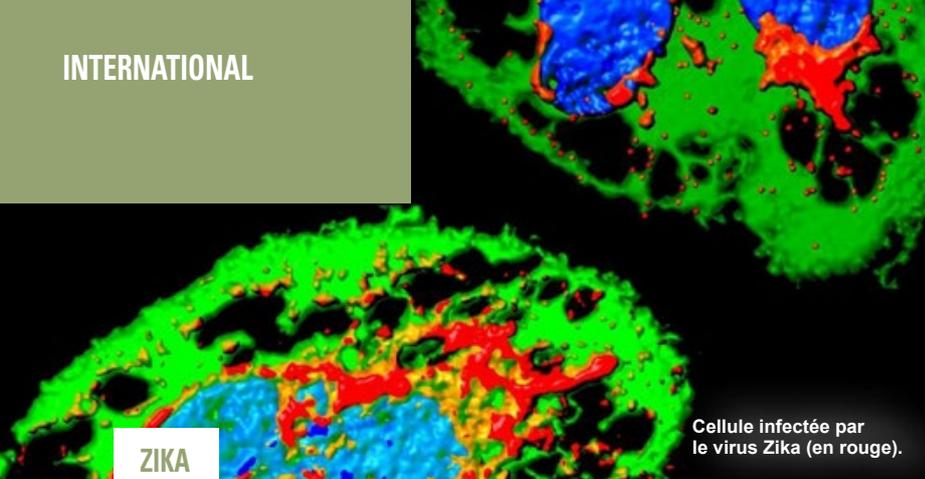
séquencé en entier, après presque 15 ans de recherche et un coût de 2,7 milliards de dollars. Depuis, les techniques de séquençage génétique n'ont cessé de s'améliorer, au point qu'il est aujourd'hui possible d'obtenir un génome humain en quelques jours pour la modique somme de 1 000 euros !

Ces progrès ont notamment été permis par l'arrivée dès 2005 du séquençage génétique à haut débit. Au lieu de lire les phrases du génome une à une, cette technologie permet de le faire en



Séquençage à haut débit basé sur la technologie Illumina.

parallèle : plusieurs morceaux de code génétique sont séquencés simultanément, puis assemblés par des algorithmes de bio-informatique pour donner des phrases utilisables en médecine et en recherche. La qualité et la vitesse du séquençage génétique à haut débit ont donné un nouvel essor à la détection des maladies génétiques et des prédispositions à certaines pathologies, ainsi qu'à la personnalisation des thérapies. L'étude et la surveillance des pathogènes ont aussi grandement bénéficié de cette avancée, car connaître la séquence d'un génome permet d'identifier avec certitude tout micro-organisme, ainsi que certaines de ses caractéristiques comme ses résistances aux antimicrobiens ou son infectiosité.



ZIKA

Cellule infectée par le virus Zika (en rouge).

L'étude des moustiques vecteurs précise la menace

Lorsqu'une importante épidémie de virus Zika se déclare au Brésil en 2015, les chercheurs constatent que ce virus, jusqu'alors considéré comme peu dangereux, est associé à des malformations graves chez les nouveau-nés. Un an plus tard, la multiplication des foyers épidémiques en Amérique centrale pousse l'Organisation mondiale de la Santé à qualifier la situation d'« Urgence de santé publique de portée internationale ».

Dès 2017, les chercheurs du consortium international ZIKAlliance* ont étudié la transmission et les conséquences de l'infection par ce virus. En collectant des populations de moustiques de 6 espèces dans 12 pays différents, ils ont montré que l'espèce *Aedes aegypti* était le principal vecteur du virus Zika, suivi du moustique tigre (*Aedes albopictus*), mais



Femelle du moustique *Aedes Aegypti*.

aussi que certaines souches virales avaient un potentiel épidémique important. Devant l'expansion de l'aire de répartition géographique de ces moustiques, amplifiée par le réchauffement climatique, et l'absence de vaccin commercialisé, les chercheurs soulignent le risque de nouvelles épidémies.

Aujourd'hui, le virus Zika est présent dans 89 pays, particulièrement en Afrique, en Amérique centrale et en Asie du Sud-Est. En France, trois cas autochtones ont été signalés en 2019, les premiers cas européens non importés de zones à risques.

* ZIKAlliance est un projet coordonné par l'Inserm et financé par l'Union européenne, comptant 54 membres dont l'Institut Pasteur, la Fondation Oswaldo Cruz (Fiocruz), l'Institut Pasteur de la Guadeloupe, l'Institut Pasteur du Cambodge, l'Institut Pasteur de Dakar, l'Institut Pasteur de la Guyane et l'Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie.

COVID-19

Les eaux usées d'Hong-Kong sont un reflet de l'épidémie



Depuis le début de la pandémie de Covid-19, l'étude des eaux usées a été considérée par certains épidémiologistes comme un outil pouvant permettre d'effectuer un dépistage au niveau de la population. Des scientifiques du Pôle de recherche Université de Hong Kong – Pasteur ont ainsi surveillé pendant six mois trois stations d'épuration des eaux usées desservant 28% (2,1 millions de personnes) des résidents de Hong Kong. En recherchant la présence d'ARN viral du SARS-CoV-2, ils ont montré des corrélations significatives entre sa concentration dans les échantillons et le nombre de nouveaux cas quotidiens dans les zones de captage des stations d'épuration. Cette étude démontre l'intérêt de la surveillance des eaux usées pour suivre la dynamique globale d'une épidémie dans une ville densément peuplée.

PESTE À MADAGASCAR

Un algorithme pour optimiser l'utilisation des tests

La peste, maladie se transmettant par piqûres de puces de rongeurs infectés, est endémique à Madagascar : 250 à 500 cas suspects y sont recensés chaque année, soit 75% des cas mondiaux.

En 2017, une épidémie sans précédent a sévi sur l'île, avec près de 2 400 cas suspects. Mais en l'absence d'un test de référence pour détecter le bacille de la peste, sa véritable ampleur reste mal connue. Pour mieux la caractériser, des chercheurs de l'Institut Pasteur à Paris* et de l'Institut Pasteur de Madagascar ont étudié l'utilisation et les performances des trois tests diagnostiques employés en 2017.



En analysant plus de 2 000 échantillons, ils ont montré que la proportion de cas positifs variait de 1 à 18% selon le test employé. Grâce à un algorithme, ils ont ensuite estimé la proportion de cas suspects réellement infectés par le bacille de la peste, reconstitué le déroulement de l'épidémie et en ont déduit une utilisation optimale des tests à disposition. Ce modèle d'analyse pourra permettre de mieux estimer le nombre réel de cas lors des futures épidémies de peste.

* Chercheurs de l'unité Modélisation mathématique des maladies infectieuses de l'Institut Pasteur, dirigée par Simon Cauchemez.

Louis Pasteur est né le 27 décembre 1822.

Le bicentenaire de sa naissance est marqué par de nombreux événements – colloques, conférences, expositions – en France et à l'étranger, et par la parution de plusieurs ouvrages autour du savant. Petit tour d'horizon.

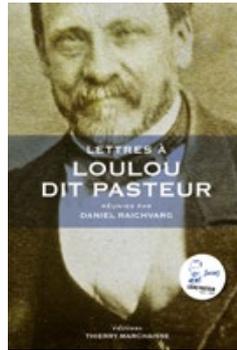


Dessin réalisé
par Fabrice Hyber

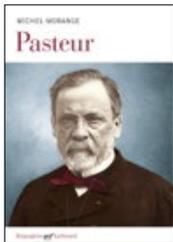
La librairie du bicentenaire

Lettres à Loulou, dit Pasteur

« Louis Pasteur a reçu vingt-trois lettres de nos contemporains : des femmes, des hommes, des chercheurs, des pas-chercheurs, des historiens, des philosophes, des médecins, des pédagogues... Ils ont croisé son chemin, toujours pour une bonne raison, et ont souhaité s'adresser à lui. » annonce Daniel Raichvarg (Université de Bourgogne), coordinateur de cet ouvrage. Ces lettres offrent des points de vue multiples et nouveaux sur Louis Pasteur, sa vie et son œuvre, propose des images allant au-delà de la convention et des clichés. Grâce au genre épistolaire et aux décalages temporels, Louis Pasteur est ainsi repeuplé de figures humaines et non-humaines à l'aune des rencontres spirituelles et réelles qu'il a faites. Un portrait collectif et original du savant.



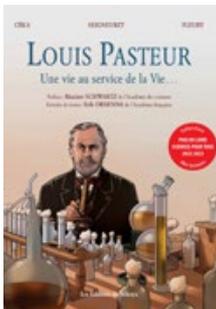
Auteurs des Lettres : Ange Ansoeur, Philippe Bruniaux, Serge Chaumier, Pascale Cossart, Patrice Debré, Mijo Demouron, Agnès Desquand, Henri Duboc, Marc Gallavardin, Lorraine Joly, Arnaud Laster & Danièle Gasiglia-Laster, Alain Marchal, Christine Moissinac, Jean Mochon, Jean-Patrick Mulon, Alban Orsini, Luc Perino, Annick Perrot, Jean-Philippe Pierron, Daniel Raichvarg, Philippe Sansonetti, Maxime Schwartz, Dominique Simon, Hervé This, Dominique Angèle Vuitton. **Ed. Thierry Marchaisse, 248 pages, 18 euros.**



Pasteur

Louis Pasteur est devenu un mythe de son vivant, mais son itinéraire personnel et des pans entiers de son œuvre restent dans l'ombre. Cette biographie de Michel Morange – professeur émérite de biologie et auteur de nombreux ouvrages sur les sciences de la vie – propose de ne jamais séparer la science de Pasteur de sa vie personnelle, de ses relations, de ses idées philosophiques et convictions religieuses. Chez lui, le bonheur familial et l'aventure de la recherche furent intimement liés. Il ne pouvait envisager son savoir hors des sollicitudes de l'époque. C'est en embrassant l'ensemble d'une existence singulière que ce livre renouvelle l'interprétation d'une œuvre qu'il invite à redécouvrir. Sans rien dissimuler des faiblesses de l'homme, ses ambitions effrénées, son oubli des apports de ses prédécesseurs et de ses collaborateurs, sa hargne polémique... Un immense savant sous les traits d'un homme ordinaire jusque dans ses défauts. **Ed. Gallimard, 432 pages + 16 p. hors texte, 24 euros.**

Louis Pasteur, une vie au service de la vie

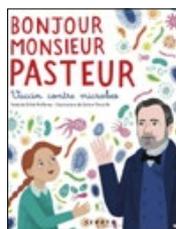


Cette bande dessinée biographique retrace les grandes étapes de la vie de Louis Pasteur, de sa jeunesse jurassienne à ses obsèques nationales. Et raconte ses grandes découvertes : la stéréochimie, la pasteurisation, le sauvetage de la filière soie, le vaccin contre la rage et bien d'autres encore.

La préface est signée par le Pr Maxime Schwartz, directeur général honoraire de l'Institut Pasteur, et chaque chapitre est introduit par un texte d'Erik Orsenna, Académicien et ambassadeur de l'Institut Pasteur. Cette bande dessinée a été sélectionnée pour le **prix du livre Sciences pour tous 2022-2023**, des lycéens. **Ed. Les éditions du Sékoya, 54 pages, 14,50 euros.**

Bonjour Monsieur Pasteur!

Le nouveau voisin de Sonia s'appelle Louis Pasteur. C'est un scientifique qui étudie les secrets de la vie pour aider les docteurs à soigner les malades. Sonia lui dit bonjour en lui tendant la main mais Pasteur refuse de lui tendre la sienne. Il lui dit qu'elle est couverte de microbes. Il lui explique alors ce que sont les microbes, les anticorps et comment fonctionnent les vaccins.



Un album destiné aux 3-6 ans qui explique que la santé, ça commence par la propreté. **Ed. Les éditions du Sékoya, 24 pages, 12 euros.**

L'agenda du bicentenaire

Des événements dans toute la France

LILLE

Conférence « De Pasteur à Calmette, un héritage scientifique au service de l'humanité », le 29 novembre à l'Institut Pasteur de Lille.

MONTBÉLIARD

Exposition « Pasteur – Au service de la science », jusqu'au 5 mars 2023 au Pavillon des sciences.

PARIS

- Conférence « Pasteur, son neveu et la science vétérinaire », le 24 novembre à l'Académie vétérinaire de France.
- Colloque « Épidémies, pandémies : une histoire sans fin ? » le 7 décembre à l'Institut Pasteur de Paris (voir p.12).
- Colloque « Pasteur, un visionnaire », le 8 décembre à l'Institut de France, avec l'Académie des sciences et l'Académie française. Conférence le 9 décembre à l'Académie de médecine.
- Conférence « Les apports de Pasteur à l'agriculture et l'alimentation », le 14 décembre à l'Académie d'agriculture de France.

ROUEN

Colloque « Pasteur et la fabrique de la science, du héros national aux débats territoriaux », les 1^{er} et 2 décembre au Musée national de l'Éducation (MUNAE) de Rouen.

STRASBOURG

Prochaines conférences du cycle « Pasteur 1822 », les jeudi 10, 17 et 24 novembre à l'Université de Strasbourg.

VERSAILLES

Prochaines conférences du cycle « Louis Pasteur : entre mythes et réalité », les mardi 15 et 29 novembre, et 13 décembre à l'Université ouverte de Versailles.

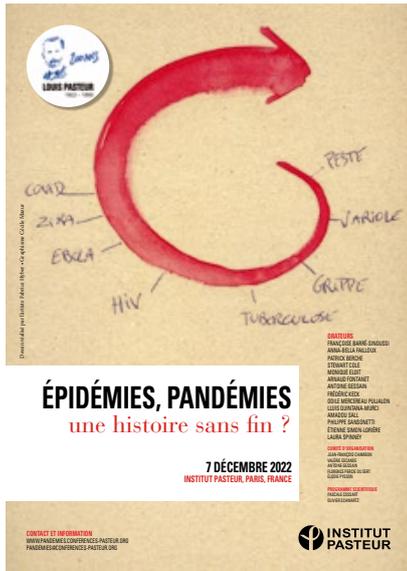


**Pour en savoir plus sur
ces événements et découvrir
d'autres rendez-vous
du bicentenaire :**
www.pasteur2022.fr

COLLOQUE

« Épidémies, pandémies : une histoire sans fin ? »

Le 7 décembre 2022 à l'Institut Pasteur



À l'occasion du bicentenaire de la naissance de Louis Pasteur, l'Institut Pasteur organise une grande journée de conférence accessible à tous, le 7 décembre, au sein de l'auditorium du Centre d'information scientifique (CIS).

L'objectif : analyser les grandes épidémies qui ont frappé l'humanité depuis son origine et dégager des enseignements pour mieux se préparer à celles de demain.

Peste, grippe, tuberculose, paludisme, sida, Covid-19... : les regards croisés de bactériologistes, virologistes, parasitologues, épidémiologistes, anthropologues, généticiens et vétérinaires permettront de mieux comprendre les épidémies passées et celles qui sévissent actuellement, et de tirer des leçons pour s'armer contre les futures épidémies, à l'ère de la mondialisation et du réchauffement climatique.

Les orateurs seront principalement des chercheurs de l'Institut Pasteur et du Pasteur Network, dont la Professeure Françoise Barré-Sinoussi, prix Nobel de médecine 2008 pour la découverte du virus du sida.

Cette journée se tiendra le mercredi 7 décembre 2022 de 9h00 à 18h00 à l'Institut Pasteur. **Vous pouvez d'ores et déjà vous inscrire gratuitement pour y participer en distanciel.** Après inscription à cette adresse, où vous trouverez aussi le programme du colloque, vous recevrez un lien pour visionner la conférence :

<https://www.pandemies.conferences-pasteur.org/>

D'autres événements à l'occasion du bicentenaire de la naissance de Louis Pasteur ont peut-être lieu prochainement dans votre région.
Voir notre page 11 et le site pasteur2022.fr

Dessin réalisé par Fabrice Hyber



Le Pasteurdon a encore été un succès cette année : vous avez été très nombreux à vous mobiliser le mois dernier en faveur de nos chercheurs !

L'engagement de la comédienne Alexandra Lamy, fidèle marraine de l'opération, et des animateurs et journalistes de près de 50 médias, tout comme les opérations menées par plusieurs entreprises partenaires, ont contribué à sensibiliser le public à l'importance des travaux de nos 1 600 chercheurs. Vous le savez, nombre d'entre eux ont réalisé d'importantes avancées contre la Covid-19. Pour autant, le combat contre de nombreuses autres maladies n'a jamais cessé, qu'il s'agisse de pathologies émergentes comme Zika, des cancers, des maladies neurodégénératives et bien d'autres. En soutenant nos recherches, vous participez aussi à l'amélioration de la santé humaine.

BULLETIN D'ABONNEMENT et/ou DE SOUTIEN

Merci de bien vouloir nous le retourner à : Institut Pasteur – 25 rue du Docteur Roux – 75015 Paris

Je fais un don de :

30€ 45€ 60€ 75€ 100€ Autre montant.....€

Sur www.pasteur.fr

Par chèque bancaire libellé à l'ordre de l'Institut Pasteur

Je veux continuer à recevoir la Lettre de l'Institut Pasteur et je vous joins le montant de mon abonnement pour un an : soit 4 numéros au prix de 6 euros (non déductible).

Les données personnelles recueillies sur ce formulaire sont destinées à l'Institut Pasteur et à ses prestataires sous-traitants, à des fins de traitement de votre don, de votre abonnement à la Lettre de l'Institut Pasteur, d'émission de votre reçu fiscal, d'appel à votre générosité, d'envoi d'informations sur l'Institut Pasteur. Elles sont conservées pendant la durée strictement nécessaire à la réalisation des finalités précitées. Conformément à la Loi Informatique et Libertés, vous pouvez vous opposer à leur utilisation et disposez d'un droit d'accès pour leur rectification, limitation, portabilité ou effacement. Pour cela, contactez notre service Relations Donateurs - Institut Pasteur, au 25 rue du Docteur Roux 75015 Paris ou à dons@pasteur.fr. Vous pouvez par ailleurs contacter notre délégué à la protection des données personnelles par e-mail à dpo@pasteur.fr, ou à l'adresse : Délégué à la protection des données, Institut Pasteur, Direction juridique, 28 rue du Docteur Roux 75724 Paris Cedex 15. En cas de difficulté, vous pouvez également introduire une réclamation auprès de la CNIL. Vos coordonnées peuvent être communiquées à d'autres organismes faisant appel à la générosité du public, sauf avis contraire de votre part en cochant la case ci-contre ou être envoyées hors Union Européenne pour production de courriers, sauf avis contraire de votre part en cochant la case ci-contre .



MES COORDONNÉES

Nom

Prénom

Adresse

La lettre de l'Institut Pasteur



Lettre trimestrielle éditée par l'Institut Pasteur
 Directeur de la publication : Stewart Cole • Directeurs de la rédaction : Jean-François Chambon, Frédérique Chegaray • Rédactrice en chef : Corinne Jamma • Journaliste : Arthur Amiel • Ont participé à la rédaction de ce numéro : Anne Bulet-Parendel, Edwyn Guérineau, Myriam Rebeyrotte • Direction artistique, réalisation : BRIEF • Crédit photos : © Institut Pasteur / William Beaucardet, © Institut Pasteur / François Gardy, © Institut Pasteur / Thomas Lang, © Institut Pasteur, Adobe Stock, D.R. • Impression : Imprimerie Bulls Market Group • N° de commission paritaire : 0122 H 88711 • ISSN : 1243-8863 • Abonnement : 6 euros pour 4 numéros par an • Contact : Institut Pasteur – 25, rue du Docteur Roux 75015 Paris – Tél. 01 40 61 33 33

Cette lettre a été imprimée sur du papier et selon des procédés de fabrication respectueux de l'environnement.

