

La lettre de l'Institut Pasteur

LETTRE TRIMESTRIELLE
D'INFORMATION

MAI
2025

128

ÉDITO



Une seule santé

Renforcer notre réactivité face aux épidémies, en étroite coordination avec les initiatives locales, nationales et internationales, est crucial pour préparer le monde aux risques sanitaires de demain. Doté d'une expertise inégalée dans le domaine des maladies infectieuses, l'Institut Pasteur développe des programmes de recherche ambitieux fondés sur l'approche « une seule santé » (*One Health*), intégrant les effets des changements environnementaux sur la santé humaine et animale. Dans le cadre de notre plan stratégique « Pasteur 2030 », nous allons déployer une vaste initiative de préparation aux pandémies dans laquelle la Cellule d'intervention biologique d'urgence et le laboratoire de découverte de pathogènes, que vous découvrirez dans ces pages, ont un rôle clé à jouer. Ces travaux au plus proche du terrain permettront de développer des stratégies de surveillance et de contrôle des maladies, et d'être réactifs dès les premiers signes d'une crise sanitaire pour en limiter l'extension. Cette réactivité est en grande partie permise par vos dons, qui sont la garantie de notre indépendance dans un monde qui change. Du fond du cœur, je vous en remercie.

Pr Yasmine Belkaid,
Directrice générale de l'Institut Pasteur

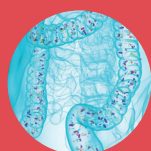
LE DOSSIER



Prêts à agir : dans les coulisses de la Cellule d'intervention biologique d'urgence

C'est l'effervescence dans les couloirs : Laurent Dacheux, responsable adjoint, et Angela Brisebarre, technicienne, s'apprêtent à partir à Lisbonne pour un exercice européen de réponse et d'intervention en cas de catastrophes naturelles. Munis de listes d'inventaire détaillées, les scientifiques remplissent des caisses de matériel de haute technologie et de quoi bricoler sur le terrain ; mais pas moyen de mettre la main sur le congélateur portatif. La chercheuse Jessica Vanhomwegen l'a emporté avec elle à Mayotte, qui vient de subir une violente tempête : il faut composer avec les réalités logistiques et les aléas de l'urgence.

SUITE P. 2



P. 08
ACTUALITÉS
Prédire la sensibilité
de chacun aux additifs
alimentaires



P. 09
QUESTION SCIENCE
Qu'est-ce qu'un
laboratoire
de haute sécurité ?



P. 10
INTERNATIONAL
Tunisie : une coopération
scientifique renforcée

...

Voici le quotidien de la Cellule d'Intervention Biologique d'Urgence (CIBU), une équipe spécialisée dans la réponse aux urgences microbiologiques en France et dans le monde. Hébergée par l'Institut Pasteur et dirigée par Jean-Claude Manugerra, cette cellule de 16 personnes est dotée d'un système d'astreinte 24h/24 et 7j/7, et d'un large éventail d'outils de diagnostic et de séquençage génétique lui permettant de faire face à toute éventualité.

Vigiles de la santé publique

Créée en 2002 sous l'impulsion conjointe de la Direction Générale de la Santé et de la direction de l'Institut Pasteur à la suite des attentats du 11 septembre, la CIBU a été pensée comme une structure capable de faire face à tout type d'épidémie émergente ou en lien avec des agents hautement pathogènes, notamment contre les agents du bioterrorisme. La nature s'est néanmoins révélée être un adversaire plus redoutable et, un an à peine après sa création, les cinq premiers « cibuistes » devaient faire face à la crise du SARS. Depuis, équipés d'un laboratoire mobile



La logistique est le nerf de la guerre en intervention : les caisses de matériel sont préparées avec soin, car chaque kilo compte.

de haute sécurité de type P3, ils interviennent régulièrement à l'international lorsque des foyers épidémiques se déclarent : Mexique (grippe H1N1), Moyen-Orient (MERS), Afrique (Ebola)... En France, la CIBU vient en renfort des Centres Nationaux de Référence (CNR) chargés de la surveillance de nombreux agents pathogènes, dont 14 sont présents sur le campus pasteurien. Le soutien de la CIBU a été crucial lors des pandémies de grippe H1N1 et de Covid-19, durant laquelle les CNR ont été mobilisés en permanence.

...



Les astreintes : entre urgence et patience

À la CIBU, les astreintes mobilisent un cadre et un technicien durant une semaine, du lundi soir au lundi matin suivant. « Nous sommes joignables 24h/24 et une astreinte peut se dérouler de jour comme de nuit. » raconte **Anne Le Flèche-Matéos**, responsable du Pôle d'Identification Bactérienne de la CIBU. Tout commence avec un appel de la Direction Générale de la Santé, contactée par les hôpitaux. « On doit être prêt à recevoir le prélèvement dans l'heure et pouvoir donner un résultat dans les huit heures. » La procédure varie ensuite selon la dangerosité du pathogène bien que la prudence soit toujours de mise. « Ce dimanche par exemple, nous avons reçu une suspicion de diphtérie, l'agent en cause est une bactérie de niveau de risque 2, *Corynebacterium diphtheriae*. L'urgence était de savoir si la souche bactérienne isolée du patient présentait ou non le gène de la toxine diphtérique. Rappelons que les toxines bactériennes peuvent être extrêmement virulentes et peuvent entraîner le décès de la personne. » La CIBU travaille également sur des pathogènes de classe 3. Pour cela, un laboratoire de haute sécurité P3 est



Les chercheuses Anne Le Flèche-Matéos et Jessica Vanhomwegen manipulent des échantillons dans le mini laboratoire P3 à l'Institut Pasteur.

utilisé et les conditions sont draconiennes : « À la moindre éclaboussure, au moindre déversement, il faut passer par une douche désinfectante et condamner le laboratoire » explique la chercheuse. « La durée d'une manipulation y est doublée car les gestes sont plus lents que dans un laboratoire standard. » Après 20 ans d'astreintes, Anne n'a néanmoins pas perdu son enthousiasme. « Pour faire ce métier, il faut être patient

et ne pas avoir peur d'être confiné pendant plusieurs heures. » Chaque astreinte est différente mais l'équipe de la CIBU est régulièrement formée pour répondre rapidement à la demande des autorités sanitaires. « Nous avons élargi notre panel de détection. À partir d'un seul échantillon, nous pouvons détecter jusqu'à une quarantaine de virus et bactéries et poser un diagnostic en quelques heures. »

Mayotte : coordonner les expertises internationales

Lorsque le cyclone tropical Chido frappe le département de Mayotte le 14 décembre 2024 avec des vents jusqu'à 226 km/h, les destructions sont massives. Les hôpitaux ainsi que les réseaux de surveillance et de distribution d'eau sont hors services, laissant craindre des épidémies comme celle de choléra qui a touché l'île en début d'année (voir p.10). **Jessica Vanhomwegen**, responsable du Pôle Identification Virale de la CIBU, est nommée coordinatrice de la mission d'assistance de l'OMS demandée par les autorités françaises. Le 15 janvier, la chercheuse arrive sur place avec trois autres scientifiques internationaux. « *La CIBU fait surtout du diagnostic humain, or cette mission nécessitait aussi une expertise dans l'analyse des eaux et l'investigation environnementale. L'OMS a donc déployé, pour la première fois, un groupe combinant des experts issus de laboratoires mobiles différents, un vrai test de collaboration internationale !* »

L'équipe a ainsi pu porter une assistance matérielle et humaine à l'Agence régionale de Santé, mais aussi à l'hôpital de campagne pour établir des diagnostics rapides de l'origine des nombreuses gastro-entérites causées par les eaux contaminées. La situation s'améliore néanmoins au bout de quelques jours, permettant à l'équipe de se concentrer sur l'investigation de la source environnementale des cas de typhoïde et de shigellose. « *Le soutien des ONG locales a été indispensable pour naviguer dans le labyrinthe des bidonvilles* » souligne Jessica. L'équipe a montré que les rivières traversant les villages étaient très chargées en bactéries, et que les raccordements des habitations formaient un « réseau spaghetti » où tout est interconnecté, rendant difficile la découverte de la source de contamination. « *Au final, nous avons surtout identifié les points d'eau sécurisés, pour permettre aux ONG d'orienter les populations.* »



...

Le gros du travail des « cibuistes » consiste néanmoins à caractériser en urgence des échantillons à la demande des hôpitaux français et de la Direction Générale de la Santé, afin d'identifier les agents pathogènes dangereux pour la collectivité. Toutes activités confondues, la CIBU analyse ainsi environ 200 échantillons par an, qui contiennent des bactéries ou des virus parfois inoffensifs, parfois hautement dangereux, parfois inconnus.

Au fil des épidémies, la CIBU a gagné en taille et en capacité, intégrant, en plus de son Pôle d'Identification Virale (PIV), des structures comme le Pôle de Génomique des Pathogènes (PGP) et le Pôle d'Identification Bactérienne (PIB) de l'Institut Pasteur. La création de l'unité Environnement et risques infectieux en 2013 est le tournant majeur de cette croissance, créant un continuum entre la recherche fondamentale et le terrain des maladies infectieuses hautement pathogènes. Cette unité, qui héberge la CIBU mais aussi le CNR Hantavirus, dispose de son propre laboratoire P3, mène des recherches sur l'identification de nouveaux pathogènes et

leurs mécanismes de circulation ainsi que sur leur persistance dans l'environnement. L'actuelle épidémie de mpox (variole du singe) en témoigne : grâce aux travaux menés depuis trois ans par l'unité de recherche, des tests de détections ont pu être développés dès les premiers signaux d'alerte.

Côté recherche : du fondamental à l'opérationnel

Cette structure Unité-CIBU s'est construite en accumulant des expertises : virologistes, bactériologistes, bio-informaticiens... la plupart de ses membres sont des volontaires de longue date, rodés aux éprouvantes astreintes. Pour coordonner cet ensemble de 25 personnes, Jean-Claude Manuguerra a choisi la mise en commun, des compétences comme du matériel (voir l'Entretien page 5). Au vu de la dangerosité des pathogènes sur lesquels travaillent ces scientifiques, les exigences de formation, de sécurité et de traçabilité sont très élevées, et toutes les urgences possibles doivent être anticipées.

SUITE P. 4

...

La CIBU analyse environ 200 échantillons d'agents pathogènes dangereux pour la collectivité chaque année.

Géllules humaines infectées par MPXV (en vert)
parmi des géllules non infectées (noyaux en bleu).
Image prise au microscope confocal.



De la Covid-19 au mpox : comment les virus survivent-ils dans l'environnement ?



La capacité d'un virus à conserver ses propriétés infectieuses dans l'environnement est un paramètre essentiel de la prévention et du contrôle des épidémies. « *La virologie environnementale, qui s'intéresse à ces données, a néanmoins longtemps été une niche peu valorisée, mais la pandémie de Covid-19 a tout changé* » souligne **India Leclercq**, chercheuse au sein de l'unité Environnement et risques infectieux. « *Comme nous travaillons depuis longtemps sur l'inféctiosité des virus grippaux dans le milieu extérieur, nous avons été mobilisés sur des problématiques très concrètes comme la persistance du SARS-CoV-2 sur la nourriture ou dans les transports, son inactivation par la chaleur ou les détergents...* »

À la suite de ce regain d'intérêt, la chercheuse s'est penchée sur d'autres pathogènes : « *Nous avons identifié le virus monkeypox (MPXV) comme virus émergent, et dès 2021 nous avons commencé à travailler sur des aspects fondamentaux. On ne s'est pas*

trompé ! ». En 2022, ce virus circulant habituellement en Afrique est responsable d'une épidémie de grande ampleur dans le reste du monde. La CIBU, mobilisée dès les premières alertes, a pu profiter de l'expertise de l'unité de recherche pour développer des tests PCR de terrain et mieux comprendre la réponse immunitaire à l'infection. Aujourd'hui, de nouvelles souches de MPXV sont en circulation, et la recherche continue : « *Nous venons d'accueillir un doctorant, **Jose Pablo Marin-Obando**, pour travailler sur une protéine qui pourrait être impliquée dans la réplication du MPXV, et qui pourrait avoir une importance dans la transmission inter-espèces. Du côté des virus respiratoires, nous nous intéressons à la transmission aéroportée dans les environnements bâtis* ». De la santé animale au bâtiment, les travaux d'India mobilisent une grande diversité d'expertises : « *L'objectif est de mettre en place des outils capables de réagir rapidement en cas de nouvelle épidémie.* »



Membres de la Cellule d'intervention biologique d'urgence (CIBU) en exercice à l'Institut Pasteur en avril 2023, dans les conditions de manipulations de sécurité de niveau 3.

La plupart des « cibiistes » sont formés à l'analyse d'une grande diversité de pathogènes, et doivent maîtriser une cinquantaine de procédures pour pouvoir participer aux astreintes.

...

Ainsi, la plupart des « cibiistes » sont formés à l'analyse d'une grande diversité de pathogènes, et doivent maîtriser une cinquantaine de procédures pour pouvoir participer aux astreintes. Cette organisation permet à la CIBU d'intervenir sur plusieurs fronts à la fois, ce qui est d'autant plus important que la collaboration internationale devient un enjeu majeur de la lutte contre les épidémies.

La chasse aux maladies émergentes à travers le monde

Avec la mondialisation des transports aériens, un microbe peut faire le tour du monde en moins de 24h. Partenaire de l'Organisation Mondiale de la Santé, la CIBU est capable d'envoyer en quelques heures des équipes sur le terrain pour mettre en place les activités d'un laboratoire de diagnostic, participer à la collecte des échantillons environnementaux ou organiser l'acheminement sécurisé des prélèvements humains, et interagir étroitement avec les équipes médicales locales. L'intensité de ces missions est parfois extrême, notamment dans les opérations qui suivent les catastrophes naturelles comme récemment à Mayotte.

SUITE P. 6

...



L'ENTRETIEN

Jean-Claude Manuguerra

Directeur de la Cellule d'Intervention Biologique d'Urgence et responsable de l'unité Environnement et risques infectieux à l'Institut Pasteur.

« Pour se préparer et répondre aux épidémies, il faut un *continuum*, une perméabilité entre la recherche fondamentale et le terrain. »

Comment la CIBU s'est-elle construite au sein de l'Institut Pasteur ?

Dès le départ, la CIBU a été complètement intégrée à l'écosystème des Centres Nationaux de Référence, mais aussi des laboratoires de recherche et des plateformes technologiques de l'Institut Pasteur. L'idée initiale était que nos techniciens aillent se former dans ces structures, avec comme objectif la diversité dans les connaissances et les compétences. Un bon exemple de l'état d'esprit est notre baptême du feu : l'épidémie de SARS de 2003, alors que la CIBU était encore en pleine gestation, sans locaux fixes. À l'époque, j'étais encore co-directeur du CNR grippe et virus respiratoires, c'est donc moi qui suis parti à l'hôpital français de Hanoi, tandis que des membres de la CIBU venaient renforcer le CNR à qui j'envoyais les échantillons. Christophe Batéjat, mon adjoint de l'époque, a rapidement mis en place le laboratoire P3 en dur qui nous a servi jusqu'en 2016. Sans la proximité humaine et physique que nous entretenions tous, cette rapidité n'aurait pas été possible. Nous avons officiellement ouvert notre service d'astreinte épidémiologique en juillet 2004, qui ne s'est jamais interrompu depuis.

Qu'est-ce qui motive les volontaires ?

La CIBU vient infuser un peu de diversité et d'adrénaline, des ingrédients qui peuvent manquer en recherche fondamentale souvent très spécialisée. Le plus dur n'est pas de trouver des volontaires, mais de les former : c'est un véritable engagement personnel sur le long terme, 3 ans au minimum. Personnellement, j'ai arrêté les astreintes cette année, à 62 ans : j'avais toujours dit que je le ferais

à l'âge de prendre ma retraite ! Au-delà des astreintes, il y a bien sûr les missions sur le terrain, qui peuvent être aussi difficiles du point de vue humain et matériel. De manière générale, notre rôle n'est pas d'être près des malades, mais d'apporter des réponses diagnostiques. Ainsi, nous cherchons des solutions à des problèmes concrets, en se nourrissant de la recherche fondamentale. Nous savons néanmoins ce que signifient les résultats que nous envoyons. La crise Covid a été particulièrement émouvante sur ce point-là.

Comment se fait le lien entre la CIBU et l'unité de recherche ?

Dans l'organigramme, chacun des pôles a une certaine autonomie, mais on fait en sorte que les activités de recherche soient cohérentes avec les activités de la CIBU dans le choix des pathogènes et des thématiques. L'unité s'est construite autour de et en cohérence avec la CIBU. Nous n'avons pas de travaux sur le VIH par exemple, car nous

travaillons sur des agents pathogènes qui causent des épidémies de nature émergente, des maladies infectieuses aiguës et non chroniques. La CIBU et l'unité sont perméables puisque je dirige les deux. Bien qu'il s'agisse de deux entités différentes, nous faisons tout pour avoir un seul système : la démarche de qualité qui guide la CIBU est aussi appliquée au reste de l'unité. Ce fonctionnement est assez unique au sein de l'Institut Pasteur, parfois retrouvé dans les Centres Nationaux de Référence.

Quelle est la spécificité de votre démarche de recherche ?

Il y a un vrai *continuum* entre la recherche fondamentale et appliquée dans notre structure, on pourrait parler de recherche « opérationnelle », dont l'objectif est de se préparer et de répondre aux épidémies. Nous avons une grande exigence de traçabilité des documents et des procédures selon les normes en vigueur. Il y a également une vérification systématique et normée du matériel de laboratoire, ainsi que des contrôles par les autorités publiques, contrairement aux unités de recherche classiques. Cette lourdeur est nécessaire au vu de la dangerosité des pathogènes sur lesquels nous travaillons, et de l'importance de nos activités dans la prise de décision en santé publique. Nous nous sommes donc organisés pour éviter toutes les redondances en interne, et permettre à la CIBU d'être le plus efficace possible dans son travail d'intervention et d'urgence.

“

Nous avons officiellement ouvert notre service d'astreinte épidémiologique en juillet 2004, qui ne s'est jamais interrompu depuis. »

LE DOSSIER

Prêts à agir : dans les coulisses de la CIBU



Laurent Dacheux et Angela Brisebarre (au centre) et leurs collaborateurs pour l'EU MODEX.



La tente du laboratoire mobile plantée dans les docks désaffectés de Lisbonne.



Lisbonne : un exercice un peu trop réaliste

La préparation et la réponse aux épidémies nécessitent une collaboration internationale entre une grande variété d'acteurs « Pour pouvoir répondre aux problématiques de demain, il nous faut être davantage intégrés dans les structures médicales d'urgence et de surveillance environnementale, au plus proche des événements » souligne **Laurent Dacheux**, directeur adjoint de la CIBU.

C'est dans cette optique que Laurent et **Angela Brisebarre**, technicienne à la CIBU, sont partis quatre jours à Lisbonne fin janvier 2025, pour participer à un exercice européen de recherche

et de sauvetage en milieu urbain (EU MODEX). « Il s'agissait d'une simulation de catastrophe naturelle, en l'occurrence un séisme suivi d'un tsunami dans le pays fictif de Lusitania » précise le chercheur. Cet événement d'ampleur a rassemblé 1200 personnes dont des équipes médicales, de sauvetage et bien sûr un laboratoire mobile, venant de plusieurs pays européens. « On s'est prêté à un véritable jeu de rôle, avec de fausses administrations, de fausses victimes à sauver des décombres, un hôpital en déroute... le tout dans des docks désaffectés ; un vrai décor d'apocalypse ! »

L'objectif était de tester les méthodes et les

protocoles de chacun, mais aussi de renforcer la coordination et les partenariats internationaux. « C'était la première fois que la CIBU était ainsi intégrée à une équipe médicale d'urgence dans un exercice de cette envergure, nous avons pu mesurer l'intérêt pour les médecins d'avoir un diagnostic en temps réel. » Les aléas du terrain ont néanmoins vite rattrapé les chercheurs : « Nous avons eu des coups de vent tellement forts que des tentes se sont envolées, nous forçant à évacuer notre campement. Même un exercice peut s'avérer dangereux, mais c'est comme ça que nous pourrions faire face à toute éventualité. »

...

Mais le véritable tournant de la collaboration internationale fut l'épidémie d'Ebola de 2013-2016, dont les écueils et les réussites ont fait émerger la nécessité d'une mise en commun des expertises et des méthodes. Sur ce point, la CIBU avait de l'avance du fait de son organisation unique, de sa participation dès 2008 à des réseaux de laboratoires mobiles européens, et de son rôle historique au sein du réseau mondial d'alerte et d'action en cas d'épidémie (GOARN) de l'Organisation mondiale de la Santé, que Jean Claude Manuguerra a coordonné jusqu'en 2018. Avec son adjoint Laurent Dacheux, il a ainsi participé à la réflexion initiée par l'OMS, qui a publié début 2025 le premier standard international pour les laboratoires mobiles. L'objectif est que ces structures aux formes et aux fonctionnements variés puissent devenir inter-opérables, et que des experts de la surveillance animale et environnementale puissent rejoindre les équipes expertes en diagnostic humain. Ce fonctionnement s'inscrit dans la démarche *One Health* « Une seule Santé » de l'OMS, et a déjà porté ses fruits sur le terrain, à Mayotte.

DOSSIER RÉALISÉ PAR LA RÉDACTION



JO de Paris : une surveillance renforcée

Les Jeux olympiques 2024 à Paris ont été non seulement un événement sportif majeur, mais aussi un défi sanitaire d'envergure : 11 millions de personnes dont près de 3 millions de touristes se sont donné rendez-vous à Paris et en Île-de-France. « Dès 2023, la CIBU s'est préparée à intervenir en prévision des rassemblements de masse : Coupe du monde du Rugby, Jeux olympiques et paralympiques », précise **Véronique Hourdel**, bio-informaticienne au sein de l'unité Environnement et risques infectieux.

Dans un premier temps, l'unité a développé des techniques de diagnostic et mis en place des approches de détection rapide d'agents pathogènes, ainsi que de séquençage pour différents panels syndromiques. « L'objectif était de cibler en un seul test plusieurs pathogènes avec des signes cliniques communs » explique l'ingénieure de recherche. Plusieurs cibles différentes de virus et bactéries peuvent ainsi être identifiées en moins de quelques heures, grâce au séquençage nouvelle génération. « Mon travail de bio-informaticienne est notamment de rendre ces données accessibles le plus rapidement possible pour aider les chercheurs aux diagnostics. » Virus respiratoires, fièvres hémorragiques ou encore agents du bio-terrorisme, la CIBU s'est préparée à toute éventualité. « Nous avons ainsi augmenté le personnel lors des astreintes, et mis en place un système de mobilisation tirant les leçons de la Covid-19. Finalement, nous n'avons pas eu d'alerte, et c'est tant mieux ! »

Certains de ces tests ont également servi à un projet de recherche de surveillance des pathogènes présents dans l'air : « Nous avons effectué des prélèvements dans les lieux publics durant 6 semaines autour des JO, restaurants, bars et discothèques », explique Véronique. L'objectif est de savoir si une fluctuation de la quantité de pathogène dans l'air peut permettre de détecter les prémices d'une épidémie, à l'image de ce qui peut se faire avec les eaux usées. « Ce projet baptisé AirSampling continue, on va augmenter le nombre de panels et s'intéresser à d'autres environnements et d'autres lieux de collecte. »



Rayan Chikhi, la bio-informatique pour donner des bases au vivant

« En analysant l'entièreté de l'ADN séquencé disponible sur Terre, nous avons ouvert une nouvelle ère pour la recherche en santé. »

Afin de naviguer dans le labyrinthe des données génétiques, le responsable de l'unité Algorithmes pour les séquences biologiques à l'Institut Pasteur a fait le pari d'amener l'informatique de recherche au cœur des laboratoires de biologie.

L'informatique est une seconde nature pour Rayan Chikhi : « Mes parents avaient une petite entreprise de vente d'ordinateurs, j'aidais à les assembler à 8 ans et j'ai commencé la programmation pendant l'école primaire, en autodidacte. » C'est néanmoins par la voie préparatoire des mathématiques qu'il parviendra jusqu'à l'École Nationale Supérieure de Rennes : « Difficile pour moi de ne pas mentionner mon enseignante, Mme Chevallier, qui m'a aidé à aller aussi loin. » Féru de math-info, Rayan découvre la biologie lors d'un stage choisi presque au hasard sur l'étude des structures de protéines, et décide de se spécialiser dans l'analyse des séquences ADN, produites en quantité par de nombreux domaines de recherche. « J'ai toujours voulu faire des choses utiles, si possible avoir un impact sociétal. L'enseignement en France est fort d'une culture mathématique de l'informatique, très orientée vers les problèmes théoriques. Mais le revers de la médaille est une certaine distance des informaticiens envers les applications pratiques comme les maladies et la santé. »

Après une thèse puis un postdoctorat aux États-Unis, Rayan rejoint le CNRS à Lille en 2014. Il postule alors à l'Institut Pasteur pour créer un groupe à 5 ans soutenu par le programme INCEPTION, qui vise à promouvoir l'interdisciplinarité entre les méthodes informatiques et l'étude des maladies infectieuses. « Il est assez rare en France qu'un laboratoire d'informatique de recherche soit intégré à un institut de biologie. »

Ce contexte permet à Rayan d'aller au fond de questions qui taraudent les biologistes, de la reconstruction de génomes viraux ou bactériens à la détection de variations entre



L'unité Algorithmes pour les séquences biologiques, en séminaire d'équipe à côté d'Annecy.

génomés humains. Pour aligner des séquences génétiques ou les analyser, son équipe développe des outils informatiques toujours associés à une démarche de recherche : « Nous faisons de la science informatique, pas seulement de la technique ; nos algorithmes produisent des choses nouvelles, font avancer simultanément les connaissances en informatique et en biologie. »

Le chercheur emploie la notion de l'Intelligence Artificielle avec prudence : « dire qu'on fait de l'IA est souvent un abus de langage, on l'utilise, mais pour nous aider à développer nos méthodes plutôt qu'à contribuer au développement de l'IA à proprement dit. Pour moi l'IA est un outil essentiel pour avancer plus rapidement vers un but scientifique. Mon objectif est d'explorer le monde microbien, pas de mener des recherches pour explorer le monde de l'IA. »

À 40 ans, Rayan coordonne plusieurs projets de recherche nationaux et européens de développement de nouveaux algorithmes, visant notamment à analyser d'immenses

bases de données. « Les données génétiques massives ouvrent une nouvelle ère pour la recherche en biologie-santé. » En 2022, le chercheur et son équipe ont recensé tous les virus à ARN, ainsi que toutes les versions de coronavirus disponibles dans les bases de données mondiales. En deux semaines de calcul et quelques mois d'analyse, ils ont découvert près de 10 fois plus de nouvelles espèces que ce qui était connu. Ces travaux ont valu à Rayan le prix 2023 Mme Victor Noury de l'Académie des Sciences, mais ses distinctions ne s'arrêtent pas là.



Remise du prix 2023 Mme Victor Noury de l'Académie des Sciences.

Plusieurs prix ont également récompensé le projet IndexThePlanet : « Nous avons recensé l'entièreté de l'ADN séquencé sur Terre, une énorme masse de données de 50 Pétaoctets (1 015 octets) en seulement 30 heures ; il aurait fallu 3 400 ans sur un seul ordinateur ! » Les résultats de ces calculs ont été mis à la disposition de la communauté scientifique, et permettent déjà de découvrir de nouveaux virus et d'autres espèces microbiennes encore inconnues auparavant.



Cellules humaines exprimant la protéine F13 du poxvirus (en rouge). En bleu, les noyaux des cellules.

VARIOLE SIMIENNE

Mieux comprendre la résistance du virus mpox

La maladie mpox se présente comme une forme atténuée de la variole humaine, avec des symptômes et une mortalité plus faible. Devant la recrudescence des épidémies en dehors des zones endémiques d'Afrique centrale et occidentale, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a déclaré mi-août pour la seconde fois depuis 2022 une urgence de santé publique de portée internationale. En France en 2024, 215 cas d'infection ont été signalés à Santé publique France.

Pour traiter les patients infectés par le virus mpox, le tecovirimat est le médicament le plus utilisé. Malheureusement, il s'avère parfois inefficace sur certains variants du virus qui possèdent des mutations sur une enzyme, la phospholipase F13, essentielle dans la formation de l'enveloppe externe de la particule virale.

Grâce à des méthodes biochimiques et informatiques, des scientifiques* ont analysé la structure de la phospholipase F13, afin de préciser les interactions entre le médicament et l'enzyme. Ils ont ainsi montré que le tecovirimat agit comme une sorte de glue qui assemble deux phospholipases F13 entre elles, empêchant les particules virales de sortir des cellules infectées.

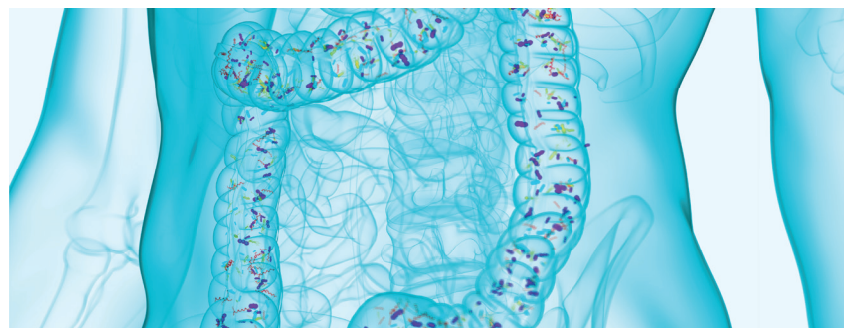
Cette compréhension du mode d'action du médicament et des résistances du virus est essentielle pour le développement de nouvelles approches thérapeutiques, efficaces quelles que soient les souches de mpox.

* Étude dirigée par Pablo Guardado-Calvo, responsable de l'unité de Biologie structurale des maladies infectieuses à l'Institut Pasteur.

MICROBIOTE

Prédire la sensibilité de chacun aux additifs alimentaires

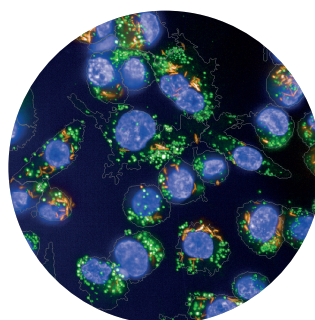
Largement utilisés par l'industrie agroalimentaire, les agents émulsifiants, une classe d'additifs alimentaires, sont devenus un véritable sujet de santé publique. Après avoir montré qu'une consommation à long terme de certains agents émulsifiants pouvait impacter négativement le microbiote intestinal et, par conséquent, favoriser les maladies inflammatoires chroniques, des chercheurs* se sont intéressés aux spécificités individuelles du microbiote de chacun.



Ils ont ainsi développé, en laboratoire, un modèle capable de reproduire différents microbiotes humains, afin de tester l'effet d'un agent émulsifiant, le carboxyméthylcellulose (CMC), communément retrouvé dans les brioches industrielles, le pain de mie ou encore les glaces. En analysant l'ADN bactérien contenu dans notre microbiote intestinal, les scientifiques ont ensuite identifié une signature spécifique de la sensibilité au CMC, permettant ainsi de prédire si un microbiote donné était sensible ou résistant à cet agent émulsifiant. Leurs résultats soulignent que certaines personnes, dites sensibles, possèderaient un microbiote très réactif aux agents émulsifiants, tandis que d'autres possèderaient un microbiote résistant.

Les scientifiques conduisent désormais une vaste étude clinique sur des patients atteints de la maladie de Crohn, une maladie inflammatoire chronique de l'intestin, afin de valider ces approches prédictives de sensibilité d'un patient donné à ces additifs.

* Étude dirigée par Benoit Chassaing, directeur de recherche Inserm et responsable de l'équipe Interactions Microbiote-Hôte à l'Institut Pasteur (Inserm/Université Paris Cité/CNRS)a



Macrophages humains formant des gouttelettes lipidiques en réponse à l'infection par *Mycobacterium tuberculosis*. En orange : les bacilles tuberculeux. En vert : les gouttelettes lipidiques. En bleu : les noyaux des macrophages.

START-UP

De nouvelles molécules thérapeutiques en développement

À l'Institut Pasteur, les chercheurs étudient depuis plusieurs années la mycolactone, toxine de la bactérie responsable d'une grave maladie de peau sévissant en Afrique de l'Ouest : l'ulcère de Buruli.

En 2016, son mécanisme d'action est découvert* : la mycolactone cible une structure appelée « translocon », dont le blocage empêche la cellule de sécréter des protéines. Ces travaux ont révélé un

nouveau moyen de bloquer les molécules pathogènes, et ainsi de les dégrader au sein de la cellule. Pour traduire cette recherche en applications concrètes, l'Institut Pasteur et l'incubateur Argobio ont créé Enodia Therapeutics, une société de biotechnologie qui visera à développer grâce à l'IA une nouvelle génération de molécules capable de cibler ce translocon, en vue d'élaborer de nouveaux traitements contre le cancer, les maladies inflammatoires et les infections virales.

* Travaux de Caroline Demangel, responsable de l'unité Immunobiologie et thérapie à l'Institut Pasteur.

LABORATOIRE

Qu'est-ce qu'un laboratoire de haute sécurité ?

Les micro-organismes sont classés en quatre groupes en fonction de la gravité de l'infection qu'ils peuvent causer. Les laboratoires de recherche sécurisés se voient attribuer un niveau de protection « P » 1, 2, 3 ou 4 selon le groupe de pathogènes qu'il est possible d'y étudier, grâce à des équipements spécifiques assurant à la fois la sécurité des scientifiques et celle de l'environnement.



Dans un laboratoire P1 par exemple, on manipule des organismes inoffensifs. Une simple blouse et un bon lavage de mains suffisent, comme dans les salles de TP au lycée. Les P2 sont plus sécurisés : les chercheurs portent gants et lunettes, et manipulent sous des hottes nommées « postes de sécurité microbiologiques » des microbes potentiellement dangereux pour l'homme (vibrions du choléra, *E. Coli*, virus de la grippe...).

Laboratoire de sécurité de niveau 3 (P3).

Au-delà du niveau 2, les laboratoires deviennent des « bulles » isolées du monde extérieur. Le P3 est un laboratoire de « haute sécurité » : derrière un sas à portes doubles, l'air est filtré et maintenu à pression négative pour l'aspirer vers l'intérieur afin d'empêcher toute fuite. Les chercheurs doivent suivre un protocole strict : vêtements de protection, travail en binôme, décontamination de tous les objets par autoclave ou avec un protocole de désinfection validé avant la sortie du laboratoire. Il permet d'étudier des agents dangereux pour la santé, de contagiosité élevée contre lesquels un traitement ou un vaccin peut exister (SARS-CoV-2, VIH, virus de l'hépatite B et C, bactéries de la tuberculose, de la peste...).

Les laboratoires de haute sécurité P4 sont réservés aux pathogènes les plus dangereux, comme les virus Ebola ou Marburg, susceptibles de se propager rapidement et contre lesquels peu de traitements existent. Une soixantaine sont en activité à travers le monde et les contraintes, en plus de celles existant dans un P3, y sont drastiques : scaphandres intégraux pour les chercheurs et douche de décontamination obligatoire avant la sortie...

FOCUS

Existe-t-il des accompagnements efficaces pour l'autisme ?



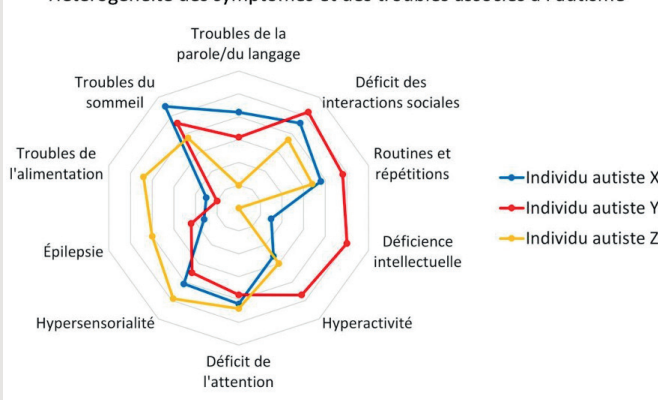
Il n'existe à ce jour aucune « méthode » absolue et exclusive, ni aucun médicament qui puissent prétendre « guérir » des troubles du spectre de l'autisme. Leur hétérogénéité rend indispensable la prise en compte des difficultés individuelles que rencontre chaque personne concernée.

Les accompagnements médicaux et éducatifs des personnes avec

autisme sont ainsi peu personnalisés et uniquement symptomatiques (ce sont les symptômes qui sont traités et non les origines du trouble). Des stratégies thérapeutiques non médicamenteuses sont proposées : rééducation orthophonique, psychoéducation, rééducation psychomotrice... Ces dernières sont d'autant plus efficaces lorsqu'elles sont appliquées tôt dans la vie, soulignant l'importance d'un diagnostic précoce.

Si des essais thérapeutiques, médicamenteux ou non, sont en cours pour identifier d'autres stratégies thérapeutiques, il est avéré que la combinaison d'interventions d'ordre éducatif, cognitivo-comportemental et développemental permet de compenser des difficultés, de réguler certains états et d'améliorer la qualité de vie et l'autonomie des personnes autistes.

Hétérogénéité des symptômes et des troubles associés à l'autisme



Cette approche est d'autant plus pertinente que l'autisme est fréquemment associé à d'autres troubles du neurodéveloppement, tels que le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H), les troubles du développement de la coordination, les troubles spécifiques des apprentissages ou la déficience intellectuelle, mais aussi à des troubles psychiatriques, ou encore à certaines maladies telles que l'épilepsie ou le reflux gastro-œsophagien. Ce n'est malheureusement que très récemment que ces troubles associés ont été pris en compte dans la recherche. Ils sont en effet extrêmement importants, tant pour comprendre l'origine de l'autisme que pour améliorer l'accompagnement des personnes concernées.

CHOLÉRA

Du Yémen à Mayotte, le parcours d'une souche bactérienne hautement résistante



Sensibilité aux antibiotiques de la souche de vibron cholérique responsable de l'épidémie de Mayotte en 2024.

Entre mars et juillet 2024, l'île de Mayotte a été affectée par une épidémie de choléra (221 cas identifiés) causée par une souche de vibron cholérique hautement résistante aux antibiotiques.

Dans ses manifestations les plus sévères, le choléra, maladie diarrhéique, est mortel en quelques heures en l'absence de traitement, qui consiste essentiellement en une réhydratation. Les antibiotiques sont utilisés en complément, et sont essentiels pour réduire la durée de l'infection et donc de la contagiosité des patients.

Une souche résistante à dix antibiotiques, dont deux des trois recommandés pour le traitement du choléra, avait été identifiée pour la première fois au Yémen en 2018, lors de la plus grande épidémie de choléra depuis ces dernières décennies. Les scientifiques* ont pu retracer la dissémination de cette souche grâce à l'étude des génomes bactériens. Après le Yémen, ils l'ont identifiée de nouveau au Liban en 2022 puis au Kenya en 2023, et enfin en Tanzanie et aux Comores, dont Mayotte, département français situé au large de la côte sud-est de l'Afrique, en 2024.

Cette étude met en évidence le besoin de renforcer la surveillance mondiale de l'agent du choléra et en particulier de pouvoir connaître son comportement vis-à-vis des antibiotiques en temps réel. Si cette nouvelle souche, qui se propage actuellement, devait acquérir une résistance additionnelle aux tétracyclines, cela compromettrait alors tout traitement antibiotique par voie orale.

* Étude dirigée par le Pr François-Xavier Weill, responsable du CNR des Vibrions à l'Institut Pasteur, en collaboration avec le Centre hospitalier de Mayotte.

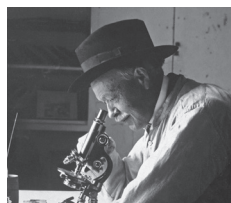
TUNISIE

Chaire Charles Nicolle : une coopération scientifique renforcée



La Dr Odette Tomescu-Hatto, directrice des Affaires internationales de l'Institut Pasteur de Paris, et la Pr Samia Menif, directrice générale de l'Institut Pasteur de Tunis

Le vendredi 17 janvier, l'Institut Pasteur de Tunis et l'Institut Pasteur de Paris ont signé l'Accord de création de la Chaire scientifique Charles Nicolle, en collaboration avec l'Ambassade de France en Tunisie, le ministère tunisien de la Recherche et de l'Enseignement supérieur et le ministère de la Santé tunisien. Cette chaire vise à renforcer les échanges scientifiques entre la Tunisie et la France dans les domaines de la biologie, de la médecine et de la santé. Elle s'engage à soutenir chaque année un ou une jeune chercheuse tunisienne en lui proposant un séjour de mobilité à l'Institut Pasteur de Paris.



Charles Nicolle (1866-1936), directeur de l'Institut Pasteur de Tunis de 1902 à 1936 et récompensé en 1928 du prix Nobel de physiologie et médecine pour sa découverte de la transmission du typhus par le pou en 1909.

GUINÉE

La maladie du sommeil n'est plus une menace pour la santé publique

La maladie du sommeil, aussi appelée trypanosomose humaine africaine, est due à la présence d'un parasite flagellé (*Trypanosoma brucei*), injecté dans l'organisme par la mouche tsé-tsé. Elle sévit exclusivement dans 29 pays d'Afrique subsaharienne, dont la Guinée, où elle a été déclarée éliminée comme problème de santé publique fin 2024.

Dans les années 1990, la maladie du sommeil a refait surface le long de la côte guinéenne en raison de l'augmentation de l'activité humaine dans les mangroves, favorisée par la croissance économique et démographique de la capitale, Conakry. En réponse à cette menace, le ministère guinéen de la Santé a mis en place dès 2002 un programme national de lutte avec le soutien de l'OMS et de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), puis de partenaires tels que l'initiative Médicaments contre les maladies négligées (DNDi), dont l'Institut Pasteur est membre fondateur, ainsi que l'Institut Pasteur de Guinée. Le programme a commencé par des dépistages médicaux de masse pour diagnostiquer et traiter efficacement les cas, puis des campagnes de lutte antivectorielle ainsi que des tests de nouveaux traitements. Après une remontée du nombre de cas de maladie du sommeil en l'absence de surveillance pendant l'épidémie d'Ebola (2013-16), le seuil des 1 cas pour 10 000 habitants par an a été maintenu depuis 2019, amenant l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) à valider son élimination dans le pays, dernier foyer d'Afrique de l'Ouest.



Mâle ténéral (avant le premier repas) de *Glossina morsitans morsitans*, vecteur du parasite *Trypanosoma brucei*, agent de la maladie du sommeil.

EXPOSITION

Louis Pasteur, l'art de la science

Du 1^{er} mars au 10 novembre 2025, la Ville de Cabourg met à l'honneur les travaux de Louis Pasteur et dévoile la facette artistique du scientifique, un aspect plus confidentiel de son immense carrière.

Pour en savoir plus, rendez-vous en ligne sur villadutempsretrouve.com

Musée de la Belle Époque, la Villa du Temps retrouvé propose l'exploration des cultures à la charnière du 19^e et du 20^e siècle, au travers des personnalités et des sujets profondément ancrés dans l'imaginaire collectif.



Jeanne-Etiennette Pasteur, née Roqui (1793-1848), mère de Louis Pasteur. Portrait au pastel sur papier exécuté par Louis Pasteur en 1836.

Après Fantomas, Gustave Eiffel, Max Linder et Jules Verne, la nouvelle exposition temporaire présentera plusieurs aspects méconnus de la carrière scientifique de Louis Pasteur en partenariat avec le musée de l'Institut Pasteur.

Le scientifique s'est en effet adonné au dessin dès ses 13 ans et s'il a renoncé à sa pratique artistique, il conservera néanmoins toute sa vie une passion pour l'art, entretenant des relations étroites avec des artistes et des écrivains. La vision curieuse et universaliste de Louis Pasteur l'amènera à faire profiter les arts des progrès scientifiques : outre son influence sur l'architecture hygiéniste, il fut enseignant à l'École des Beaux-Arts de 1863 à 1867, où ses cours ont jeté les bases de la conservation préventive.

L'exposition met aussi en lumière ses contributions scientifiques, comme sa démonstration contre la théorie de la génération spontanée, ses recherches sur les fermentations, et ses découvertes dans le domaine des maladies infectieuses.

LES COLLECTIONS DU MUSÉE DE L'INSTITUT PASTEUR À L'HONNEUR

Parmi les plus de 40 objets prêtés par le musée de l'Institut Pasteur, les visiteurs pourront découvrir des pastels réalisés par Louis Pasteur lui-même ainsi que son matériel de laboratoire. Cette exposition a notamment été l'occasion de restaurer trois tableaux des collections du musée de l'Institut Pasteur, actuellement au cœur d'un ambitieux programme de restauration et d'extension.



Retrouvez en vidéo la restauration de deux tableaux liés à la figure de Jean Binot, créateur de la première collection microbienne de l'Institut Pasteur : <https://www.youtube.com/watch?v=Ly-YuaXoSXg>

[watch?v=Ly-YuaXoSXg](https://www.youtube.com/watch?v=Ly-YuaXoSXg)



Le laboratoire de Jean Binot (1867-1909) ou « La collection des espèces microbiennes à l'I.P. » Huile sur toile, Amédée Buffet (1869-1934).

GÉNÉROSITÉ

L'Institut Pasteur dépend des dons



En tant que donateurs et mécènes de l'Institut Pasteur, vous savez combien votre engagement est essentiel à la poursuite de nos missions. Quand les coûts de la recherche ne cessent d'augmenter et les financements publics diminuent, la science doit être défendue.

Cette année, nous avons décidé de communiquer largement sur nos ressources. De nombreuses personnes peuvent penser que l'Institut Pasteur est un organisme public,

financé par l'État. Or, nous voulons faire savoir que sans la générosité de nos donateurs, la recherche pasteurienne pourrait s'arrêter.

La campagne d'appel à dons que vous allez recevoir par la poste ou apercevoir sur Internet, symbolisée par une chaise de laboratoire vide, traduit ce risque préoccupant. C'est seulement grâce à votre soutien que nous serons en mesure de poursuivre nos missions !

Le cadre fiscal français vous permet de choisir une partie de l'utilisation de votre impôt que vous soyez assujéti à l'Impôt sur le Revenu (IR) ou à l'Impôt sur la Fortune Immobilière (IFI).

Tout savoir
sur l'IFI :
ifi.pasteur.fr



Sur la page ifi.pasteur.fr, vous trouverez :

- le détail du calendrier des déclarations d'impôts 2025 ;
- un guide fiscal ;
- une calculatrice pour évaluer le montant de déduction dont vous pouvez bénéficier en adressant un don à l'Institut Pasteur.

Contactez l'équipe grands donateurs pour poser toutes vos questions relatives à la fiscalité IFI et mettre en œuvre votre projet philanthropique :

Charlotte Guiot 01 40 61 31 84, **Morgann Guyomarc'h** 01 45 68 87 59
ou **Caroline Cutté** 01 45 68 81 04

LA DONATION TEMPORAIRE D'USUFRUIT

Cette donation consiste à abandonner à une fondation, telle que l'Institut Pasteur, par acte notarié, l'usufruit d'un bien (les revenus, les coupons ou les loyers) pour une période temporaire minimale de 3 ans. Elle garde tout son intérêt pour les propriétaires immobiliers assujettis à l'IFI. En effet, la donation temporaire d'usufruit portant sur un immeuble de rapport par exemple, permet de bénéficier d'une exonération d'IFI sur cet immeuble. Cet avantage fiscal n'est pas plafonné. Ainsi,

les loyers sont perçus directement par la fondation, pour la durée de la donation, le donateur retrouvant la pleine propriété de son bien immobilier au terme de la donation. Cette disposition est, avec le « don IFI » vu plus haut, l'unique moyen d'optimiser les avantages fiscaux de l'IFI liés à votre générosité. Pour connaître en détail les modalités d'une telle donation, n'hésitez pas à nous contacter afin d'être accompagné(e) personnellement dans votre démarche.

INVITATION À L'INSTITUT PASTEUR

Vous êtes conviés à assister
à deux conférences le

LUNDI 16 JUIN
de 14h30 à 16h30

« Dépression : vers de nouveaux traitements ? »

par **Pierre-Marie Lledo**,
responsable de l'unité
Perception et action



« Des microbes dans nos assiettes »

par **François-Xavier Weill**,
responsable de l'unité Bactéries
pathogènes entériques



Conférences gratuites
sur inscription :
scannez ce QR code
ou rendez-vous sur

<https://institutpasteur16juin.eventbrite.fr>

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).

☐ Je souhaite recevoir en toute confidentialité et sans engagement, une documentation sur les possibilités de legs, donation et assurance-vie au bénéfice de l'Institut Pasteur.

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

Directrice de la publication : Yasmine Belkaid • **Directeurs de la rédaction :** Antoine Bogaerts, Constance Derely • **Rédacteurs en chef :** Corinne Jamma, Arthur Amiel • **Ont participé à ce numéro :** Thomas Bourgeron, Emma Lepître, Aurélie Perthuis, Myriam Rebeyrotte, Capucine Schoen, Alice Henry-Tessier • **Direction artistique, réalisation :** BRIEF • **Crédit photos :** ©Institut Pasteur – Unité de Génétique humaine et fonctions cognitives / Julian Buchrieser – Unité Virus et Immunité / Mathieu Hubert et Olivier Schwartz / Musée Pasteur / Béatrice de Cougny / CNR vibriion et Choléra / Brice Rotureau / François Gardy / Jean-Marc Panaud Anne-Laure Dagnet / Radio France ; © Alain Jocard / AFP ; ©HANDOUT / Sécurité civile ; ©Adobe stock, D.R. • **Impression :** Imprimerie Bulls Market Group • **N° de commission paritaire :** 0127 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.



www.pasteur.fr

dons@pasteur.fr