

## ÉDITO



## De l'individu aux populations

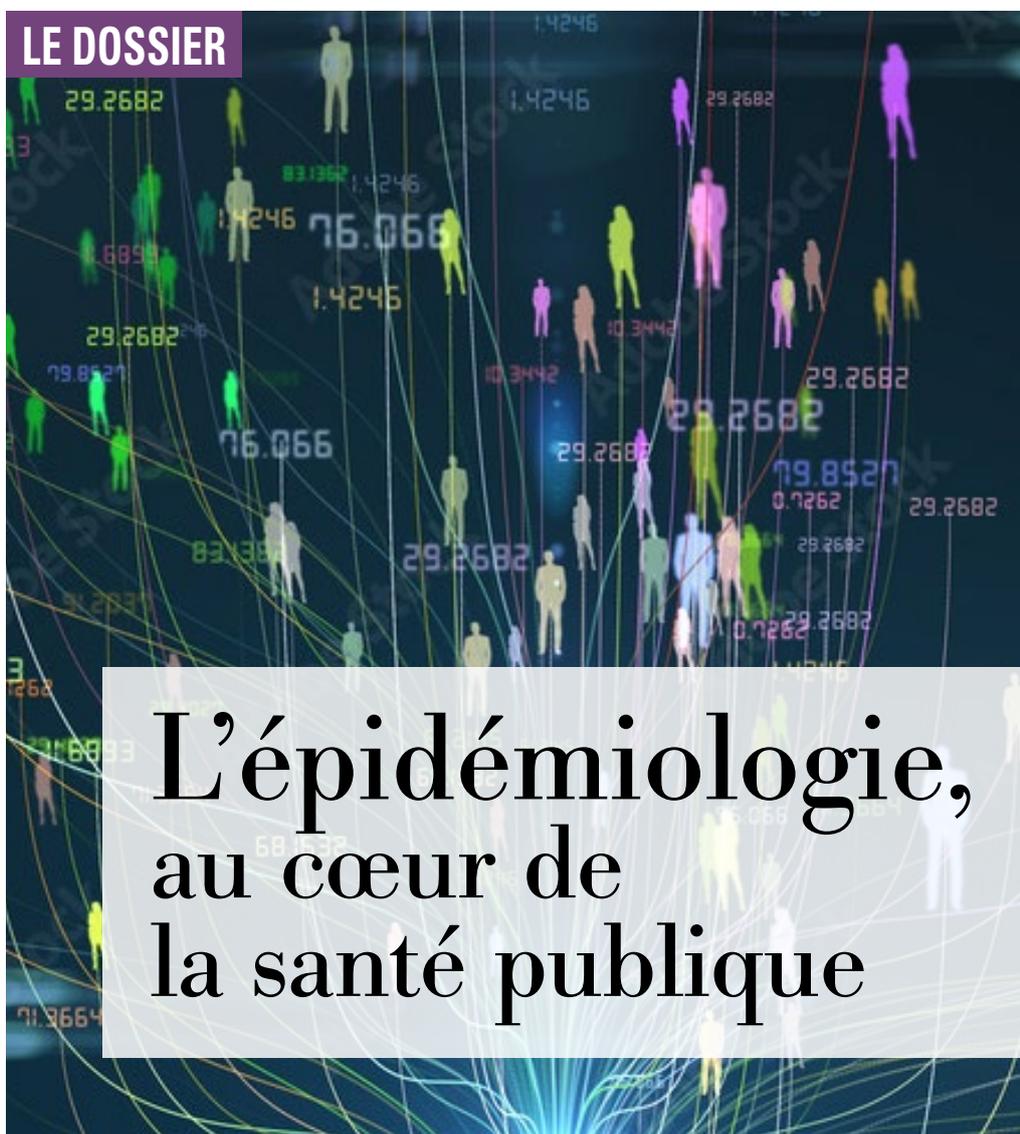
Comment une épidémie peut-elle évoluer ? Quels sont les facteurs de risque de telle maladie ? Comment instaurer une nouvelle mesure sanitaire ? Face à de telles questions, les épidémiologistes lancent des études diverses ayant pour point commun d'être menées à l'échelle des populations.

L'une d'elles, questionnant des milliers d'individus, a par exemple permis de définir au début de la pandémie de Covid-19 les lieux de contamination les plus importants. Grâce à la modélisation mathématique, d'autres ont établi semaine après semaine les scénarios possibles d'évolution de l'épidémie, aidant les pouvoirs publics à anticiper les décisions. Dans certains pays d'Afrique, nos épidémiologistes cherchent comment implémenter dans les populations locales des mesures de prévention de la transmission mère-enfant de l'hépatite B. Vous découvrirez dans ces pages de nombreux projets susceptibles d'avoir un impact très concret sur la santé publique. Votre soutien fidèle y participe et je vous en remercie très chaleureusement.

**Pr Stewart Cole,**

Directeur général de l'Institut Pasteur

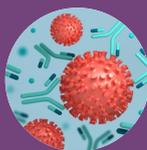
## LE DOSSIER



# L'épidémiologie, au cœur de la santé publique

Ces deux dernières années, pendant la pandémie de Covid-19, on a vu beaucoup d'épidémiologistes parmi les experts s'exprimer dans les médias : croisant leurs chiffres, annonçant des risques de contamination associés à tel lieu plutôt que tel autre, publiant des courbes d'évolution possible de l'épidémie, et éclairant ainsi les pouvoirs publics sur les mesures à prendre. S'ils ont incontestablement joué un rôle majeur dans l'analyse et le contrôle de cette pandémie (voir Entretien), l'épidémiologie ne se limite pas seulement à l'étude des épidémies comme son nom pourrait le laisser l'entendre, mais sert bien au-delà. Cette discipline scientifique étudie les problèmes de santé dans les populations humaines : leur fréquence, leur distribution dans le temps et dans l'espace, leurs déterminants...

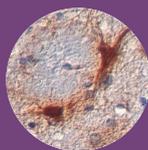
SUITE P. 2



P. 08

ACTUALITÉS

Covid-19 : deux anticorps bientôt en essai clinique



P. 09

QUESTION MÉDECINE

Quels sont les mécanismes à l'origine de la maladie d'Alzheimer ?



P. 10

INTERNATIONAL

Mère et fœtus sensibles aux perturbateurs endocriniens



Carte recensant les victimes du choléra à Soho, Londres, 1854.



## Protéger les bébés de l'hépatite B



En Afrique Sub-saharienne, 360 000 bébés naissent chaque année infectés par le virus de l'hépatite B, transmis par la mère à l'accouchement. Chez 80 % d'entre eux, l'hépatite deviendra chronique – et silencieuse –, générant un risque de cancer du foie dès la trentaine. Le constat est dramatique mais une solution existe : vacciner immédiatement après la naissance. L'implémentation de

cette mesure est cependant compliquée dans beaucoup de pays africains. « C'est pourquoi nous avons mis en place l'étude Neovac, pour évaluer la faisabilité et l'impact de cette vaccination dans deux pays aux contextes très différents : Madagascar et le Burkina Faso » explique Yusuke Shimakawa, chercheur dans l'unité d'Épidémiologie des maladies émergentes. « Nous, épidémiologistes, sommes un peu les chefs d'orchestre de cette étude pluridisciplinaire qui implique des anthropologues, des sages-femmes et autres agents de santé, des économistes et aussi les autorités de santé locales pour répondre à une question majeure de santé publique. » À Madagascar, 60 % des femmes accouchent à la maison et la coutume veut qu'elles n'en sortent pas pendant une semaine voire un mois. Les enquêtes menées auprès de la population locale ont montré une forte réticence à ce qu'un agent de santé vienne vacciner le bébé au domicile. Au Burkina Faso, de plus en plus de femmes accouchent dans des structures sanitaires, et la mesure semble plus facilement réalisable. « Nous venons d'y lancer une étude interventionnelle communautaire, dans 24 centres de santé, pour montrer le gain sur la transmission mère-enfant d'une vaccination à la naissance. Ces résultats seront utiles pour encourager de nombreux pays africains qui hésitent toujours à intégrer cette dose dans le programme national de vaccination. » Des mesures qui devraient sauver des vies.



Premier bébé vacciné à la naissance contre l'hépatite B au Burkina Faso.



En permettant d'estimer le risque sanitaire à l'échelle de populations, elle est à la base de la santé publique et de la médecine préventive. Savez-vous que la plupart des recommandations en matière de santé – des méfaits du tabac aux facteurs de risque des maladies cardiovasculaires et aux conseils nutritionnels – découlent d'études épidémiologiques, souvent basées sur l'analyse de données provenant de centaines de milliers de personnes suivies pendant des dizaines d'années ?

### La fontaine incriminée

Historiquement, une des premières études épidémiologiques est celle menée par un médecin britannique, John Snow, pendant une épidémie de choléra dans le district de Soho à Londres, en 1854. Il fit une enquête minutieuse auprès des habitants du quartier, recensant le domicile de toutes les victimes. Suspectant l'eau comme vecteur de la maladie, il trouva une relation significative entre les cas de choléra et l'approvisionnement en eau auprès d'une des fontaines publiques du district. Il fit donc retirer le manche de la pompe à eau, ce qui mit fin à l'épidémie... Son travail déboucha ainsi directement sur une action de santé publique.

L'épidémiologie va réellement se développer après-guerre. Tandis que le poids des maladies infectieuses diminue, la montée en puissance des maladies chroniques d'origine « multifactorielle » oblige à des protocoles d'études et des analyses statistiques toujours plus complexes pour étudier notamment l'impact de plusieurs expositions simultanées.

### La cohorte de Framingham

En 1945 aux États-Unis, le président Franklin D. Roosevelt décède d'une hémorragie cérébrale. C'est un électrochoc pour les pouvoirs publics : le National Heart Act est signé en 1948 pour lutter contre les maladies cardiovasculaires ; 500 000 dollars sont attribués pour débiter une étude épidémiologique sur ces maladies. Il est décidé de suivre pendant des dizaines d'années plus de 5 300 personnes indemnes de maladies cardiovasculaires au début de l'étude, dans la ville de Framingham dans le Massachusetts (cette « cohorte » fut constituée entre 1950 et 1952). L'objectif : identifier les facteurs associés à la survenue de maladies coronariennes ou d'accidents vasculaires cérébraux. L'hypertension artérielle, le tabagisme, l'hypercholestérolémie seront par exemple pointés comme facteurs de



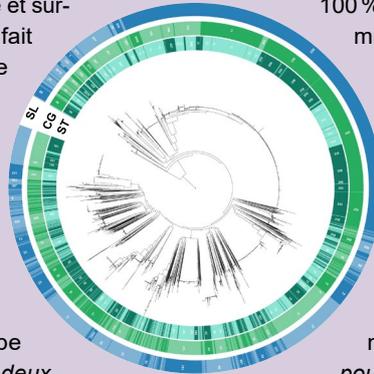
# Épidémiologie : enquête chez les bactéries !



L'épidémiologie s'intéresse aux populations humaines, mais aussi bactériennes à travers l'épidémiologie moléculaire, qui étudie les gènes des pathogènes pour mieux comprendre et surveiller leur évolution. C'est ce que fait

**Sylvain Brisse**, responsable de

l'unité Biodiversité et épidémiologie des bactéries pathogènes, ainsi que directeur de deux Centres Nationaux de Référence (CNR), celui pour la coqueluche et celui pour la diphtérie. Spécialisé dans la biologie des populations des bactéries et le séquençage génomique de leurs souches, il analyse les bactéries contenues dans des échantillons humains venus de toute la France, mais aussi d'Europe et à l'échelle globale. « À partir du moment où deux souches identiques sont identifiées, les cas ne sont plus sporadiques mais forment un groupe épidémique. Une alerte peut alors être lancée auprès de Santé Publique France, qui remonte la filière



Diversité génétique des souches de *Klebsiella pneumoniae*, agent multirésistant d'infection nosocomiales.

de transmission des souches, en partenariat avec le CNR.»

Grâce aux nouvelles technologies de séquençage, la précision du typage génomique est aujourd'hui quasiment efficace à 100 %, et ne sert plus uniquement à l'enquête épidémiologique de terrain. « Elle permet aussi de

comprendre l'évolution des souches bactériennes, afin de repérer l'acquisition d'une résistance ou d'un caractère dangereux comme un échappement vaccinal. Grâce à nos collaborations avec l'unité de Simon Cauchemez (voir page 4), nous sommes en mesure de modéliser l'émergence de ces variants. »

Les travaux de Sylvain Brisse ont aussi été facilités par le mouvement de collaboration internationale OpenData : « Les données pertinentes pour la santé publique, en particulier les séquences génomiques des souches, sont mises en ligne en temps réel par les laboratoires de surveillance, ce qui permet une grande accessibilité en cas d'urgence, comme lors de la Covid-19. »

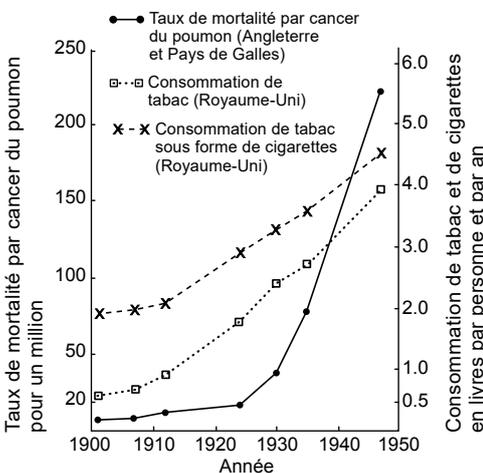
• • •

risque et de nombreux enseignements seront tirés de cette étude, aboutissant à l'élaboration de scores à risque utilisés aujourd'hui par les médecins traitants pour prendre en charge leurs patients. Et le suivi des survivants et des descendants de la cohorte de Framingham est encore en cours actuellement !

## Tabac et cancer du poumon associés dès 1950

À la même époque, une étude majeure, publiée en 1950 et menée dans des hôpitaux

**Consommation de tabac et de cigarettes (Royaume-Uni) et mortalité par cancer du poumon (Angleterre et Pays de Galles), 1900-1950.**



SUITE P. 4

• • •



## Comment les bactéries circulent-elles au sein d'un hôpital ?



C'est une question majeure pour mieux lutter contre les infections nosocomiales, très souvent provoquées par des bactéries résistantes aux antibiotiques pouvant mener à des impasses thérapeutiques. « Grâce à des études conduites dans plusieurs hôpitaux de France et aux données recueillies auprès de patients et de soignants, nous travaillons à la modélisation mathématique des mécanismes de transmission et de sélection

de ces bactéries. » explique le **Pr Lulla Opatowski**, de l'unité Épidémiologie et modélisation de la résistance aux antimicrobiens. Une expérience à grande échelle a par exemple été réalisée à l'Hôpital Maritime de Berck-sur-Mer par Didier Guillemot sur 800 volontaires, patients et membres du personnel hospitalier, équipés pendant toute la durée de l'étude de boîtiers contenant un capteur composé d'un circuit radio et d'une mémoire électronique. Dès qu'un capteur était à proximité d'un autre, l'information était stockée dans sa mémoire, puis envoyée par un système sans fil à un serveur pour être sauvegardée. Plus d'un milliard de contacts ont ainsi été répertoriés en six mois ! Parallèlement, des prélèvements biologiques étaient effectués chaque semaine chez les patients et soignants pour déceler la présence, ou non, de bactéries majeures parmi les germes nosocomiaux : le staphylocoque doré et les entérobactéries. « Dans de telles études, la modélisation mathématique permet de tester plusieurs hypothèses et de les confronter aux données recueillies par les microbiologistes et les médecins pour mieux comprendre comment ces bactéries se transmettent, avec quelle intensité, et identifier les facteurs de risque associés. L'enjeu est de proposer des mesures efficaces pour lutter contre les infections nosocomiales. »

58.11

64.54

56.06

75.54



ACTION PASTEUR

## Modélisations : un outil pour définir le champ des possibles

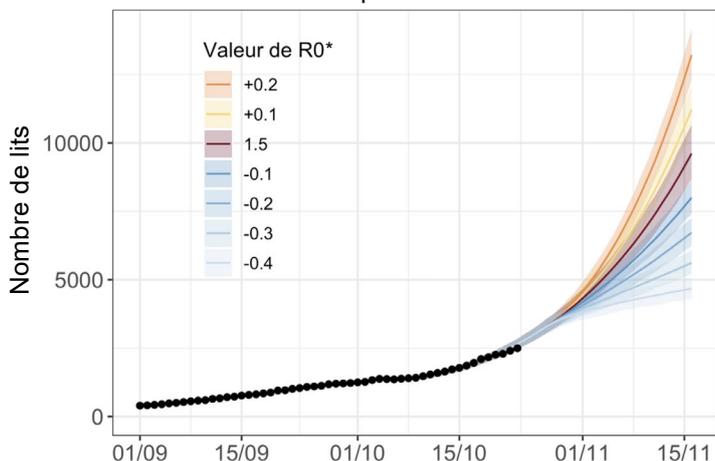


Lors de la pandémie de SARS-CoV-2, les modèles mathématiques ont permis d'anticiper les besoins hospitaliers et la progression des variants, mais leur utilité va plus loin, comme l'explique **Simon Cauchemez**, responsable de l'unité Modélisation mathématique des maladies infectieuses : « *Lorsqu'un virus émerge, il est essentiel de*

*rapidement estimer sa dangerosité. Cependant, cette estimation est difficile car les premières données épidémiologiques sont en général très incomplètes. Les modèles mathématiques ont joué un rôle essentiel au début de la pandémie pour évaluer le nombre total d'infections (alors que seules les formes les plus graves étaient détectées), la sévérité et la transmissibilité du virus ainsi que l'impact des premières mesures de contrôle.* »

Simon et son équipe apportaient déjà leur expertise aux autorités de santé et à la recherche dans la lutte contre les pathogènes émergents, comme la grippe ou Zika. Ce savoir-faire a été transféré à l'étude de la Covid-19 dès le début de la pandémie : « *En France, l'utilisation des modèles comme outil d'aide à la décision durant les épidémies est relativement récente. Cette utilisation a été fortement amplifiée durant la pandémie, soutenant les différentes agences sanitaires et le Conseil Scientifique Covid-19 dans leurs évaluations des risques.* » Ainsi, tout au long de la pandémie, les modèles ont servi à construire des scénarios permettant de mieux comprendre et anticiper son évolution : « *Dans un contexte de grande incertitude, leur intérêt était de définir un champ des possibles et de pointer les paramètres qui influent sur la progression de l'épidémie. Ces scénarios ont été un élément de compréhension et de suivi sanitaire, au sein d'un dispositif plus global d'observations épidémiologiques. Les recherches réalisées pendant la pandémie ont permis de mieux apprécier les facteurs impactant la propagation du SARS-CoV-2 et d'améliorer la performance des modèles.* » Tous ces travaux sont accessibles en ligne, sur l'espace <https://modelisation-covid19.pasteur.fr>

Lits en hospitalisation réanimatoire



\* R0 : taux de reproduction du virus

• • •

de Londres associe la consommation de tabac et l'apparition de cancers du poumon. Elle se basait sur 700 personnes souffrant de ce cancer et 700 personnes du même âge et du même sexe hospitalisées pour d'autres raisons, appelés « témoins » car au profil similaire mais indemnes du cancer étudié. C'est ce qu'on nomme par opposition à l'étude de cohorte, une étude « cas-témoins », autre méthode pour mettre en évidence une association entre une exposition et une maladie. Bien d'autres études épidémiologiques seront menées par la suite sur les impacts du tabac sur la santé, qui seront à l'origine des mesures sanitaires que l'on connaît.

### De multiples questions de santé

De nombreuses études cas-témoins et études de cohortes sont en cours pour répondre à des questions de santé. En France, la Cohorte E3N regroupe par exemple, depuis 1990, 100 000 femmes affiliées à la MGEN (Mutuelle générale de l'éducation nationale), chez qui on surveille l'apparition de cancer colo-rectal ou du sein. La Cohorte Gazel est constituée depuis 1989 de quelque 20 000 salariés d'EDF-GDF, suivis sur diverses questions de santé. L'étude Interphone coordonnée par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) cherche à déterminer si l'exposition aux rayonnements produits par les téléphones mobiles est associée à un risque de cancer, en comparant des sujets ayant développé certains types de tumeurs et d'autres non. Face à de nombreuses questions de santé – impact des pesticides, de la pollution et autres facteurs environnementaux auxquels nous sommes soumis (« l'exposome ») –, l'épidémiologie joue un rôle-clé en « observant les populations », souvent sur de nombreuses années.

### Des chiffres à maîtriser

La démarche scientifique en épidémiologie est semblable à celle des autres disciplines scientifiques : hypothèse, échantillonnage populationnel selon des schémas d'étude standardisés (études cas-témoins ou études de cohorte), analyse statistique des résultats et prise en compte du rôle possible des fluctuations d'échantillonnage et des biais. Pour dire qu'un facteur associé à une maladie est un facteur de risque, plusieurs critères doivent être vérifiés dont la plausibilité biologique. L'américain Tyler Vigen s'est par exemple attaché à faire des corrélations entre des

SUITE P. 6

• • •



## L'ENTRETIEN

## Pr Arnaud Fontanet

Responsable à l'Institut Pasteur de l'unité d'Épidémiologie des maladies émergentes

« L'épidémiologie a été très utile pour l'aide à la décision des autorités de santé, par exemple pour identifier les moments critiques et limiter la saturation des hôpitaux. »

**Quelle a été la contribution de l'épidémiologie dans le contrôle de la pandémie de Covid-19 ?**

La plus connue est probablement la modélisation mathématique. À partir des bases de données en accès libre de Santé Publique France, des chercheurs comme ceux de l'unité de Simon Cauchemez à l'Institut Pasteur (voir encadré ci-contre) ont fait des projections sur les trajectoires possibles de l'épidémie selon différents scénarios. Cette approche a été très utile pour l'aide à la décision des autorités de santé, par exemple pour identifier les moments critiques et limiter la saturation des hôpitaux. L'épidémiologie a aussi permis de rechercher les déterminants de l'infection. C'est ce qu'a fait mon équipe en mettant en place dès octobre 2020 l'étude cas-témoins ComCor : l'objectif était d'identifier les lieux de transmission et les activités associés au risque d'être infecté par le SARS-CoV-2.

**Comment l'étude ComCor a-t-elle été menée ?**

Son principe était simple : un lien vers le site de l'étude était envoyé aux « cas », des personnes qui avaient été répertoriées par la Caisse Nationale d'Assurance Maladie du fait de leur positivité à la Covid-19. L'entreprise de sondage Ipsos faisait ensuite de même avec des « témoins », des personnes du même âge, sexe, et lieu de résidence que les cas, et n'ayant pas été infectées. À ces deux groupes, nous avons posé les

mêmes questions sur leurs caractéristiques sociodémographiques, leur environnement familial et professionnel, leur histoire vaccinale, leurs comorbidités, mais aussi les lieux visités, leurs loisirs et leurs rencontres... Grâce à nos modèles statistiques, nous avons ensuite comparé toutes ces données pour identifier les lieux et les comportements à risque. Cet outil est toujours opérationnel, et continue de nous fournir des informations sur les variants. À ce jour, plus de 500 000 cas positifs et 30 000 témoins ont été recrutés.

**Quels résultats avez-vous obtenus et à quoi ont-ils servi ?**

Assez tôt, nous avons pu mettre en évidence le risque associé aux réunions familiales privées, à la fréquentation des bars et des restaurants, au sport en intérieur ou encore au covoiturage. Nous avons ensuite observé des évolutions : par exemple, les collégiens et les lycéens qui représentaient un risque d'infection pour leur entourage ne l'étaient plus une fois vaccinés, tandis que les enfants du primaire non vaccinés le sont devenus. Nous avons également pu évaluer la protection associée à une infection récente, et celle associée aux vaccins, notamment vis-à-vis des nouveaux variants. Tous ceci a permis d'aider le gouvernement à faire des choix sur la fermeture des lieux à risques à différentes périodes de l'épidémie.

**Vous avez également mené une vaste étude à Crépy-en-Valois**

En effet, suite à la mise en évidence d'une circulation du virus fin février 2020 à Crépy-en-Valois dans l'Oise, le ministère de la Santé nous a chargé d'une

“

COVID-Oise a permis d'obtenir une image représentative de la circulation du virus dans la population générale.”

investigation dans le lycée de cette ville. Notre enquête nous a permis de documenter la dynamique de l'épidémie dans le lycée, puis la diffusion du virus dans les familles, alors que la population ne savait pas à l'époque qu'il s'agissait de la Covid-19 et donc ne se protégeait pas. L'enquête s'est ensuite muée en l'étude de cohorte COVID-Oise pour étudier l'évolution de la réponse immunitaire au fil des vagues épidémiques et de la vaccination. Jusqu'à avril 2022, nous sommes ainsi revenus tous les 6 mois pour faire des prélèvements nasopharyngés, de salive et de sang sur plus de 600 personnes. Aujourd'hui, il nous reste un énorme travail d'analyse de ces échantillons. Il devrait nous fournir des informations sur la nature et la durabilité de la réponse immunitaire aux infections et aux vaccins, et sur les composantes immunologiques du Covid-long, ces manifestations chroniques qui suivent l'infection aiguë chez 5 à 10 % de la population infectée.



## Paludisme : la genèse d'un test diagnostique



L'épidémiologie permet de contribuer au développement d'outils de surveillance des pathogènes. C'est l'objectif de **Michael White**, directeur du groupe à 5 ans Épidémiologie et analyse des maladies infectieuses. Il étudie l'immunité de populations face à différents pathogènes, des maladies tropicales au SARS-CoV-2, dans l'espoir de développer des tests diagnostiques. « *Nous avons une approche interdisciplinaire de l'épidémiologie, et rassemblons au sein de notre unité la modélisation mathématique, un laboratoire, ainsi que la capacité à mettre en place des études cliniques sur le terrain.* »



Actuellement, le projet phare de Michael White est le développement d'un test sérologique pour la détection de *Plasmodium vivax*, l'un des parasites du paludisme présent en Afrique de l'Est, en Amérique du Sud et en Asie du Sud-Est. Il utilise le foie comme cachette pendant plusieurs mois, devenant

indélectable. « *Nous avons développé une méthode pour mesurer la réponse immunitaire au parasite, afin d'identifier les personnes dont le foie est infecté et de pouvoir les traiter avant la rechute.* » Une étude clinique de grande ampleur est en préparation\* pour valider l'efficacité de ce test diagnostique : « *Il s'agira d'un essai randomisé par clusters, en Éthiopie et à Madagascar, avec 19 000 participants. Chaque cluster est un groupe d'environ 400 personnes étudié indépendamment.* »

Dans l'équipe, **Mathilde Grimée**, doctorante spécialisée en statistiques, s'apprête ainsi à partir pour l'Institut Pasteur du Cambodge, où un essai à plus petite échelle est en cours. « *Mon objectif est de renseigner le protocole de l'étude à grande échelle, mais aussi d'acquérir une expérience de terrain, afin de mieux connaître l'origine des données que je serai amenée à analyser.* »

\* Avec le soutien de l'Union Européenne, la Bill and Melinda Gates Foundation, et la contribution de la Walter and Eliza Hall Institute of Medical Research.

**Aujourd'hui, les méthodes mathématiques et statistiques des épidémiologistes sont toujours plus pointues et en constante évolution à l'ère du Big data et de l'intelligence artificielle.**

• • •

facteurs... qui n'avaient rien à voir ! Il montra par exemple qu'on pouvait associer le taux de divorces dans le Maryland avec le taux de consommation de margarine par personne. C'était statistiquement vrai, et bien sûr totalement absurde !

Aujourd'hui, les méthodes mathématiques et statistiques des épidémiologistes sont toujours plus pointues et en constante évolution à l'ère du Big data et de l'intelligence artificielle, avec une quantité de données à analyser toujours plus volumineuse. Une des plus importantes études de cohorte, la UK Biobank, regroupe depuis 2005 des informations (anonymisées) sur 500 000 personnes, renseignant leur séquence génomique, leurs habitudes de vie, leur histoire médicale, de l'imagerie, etc.

### **Modélisation mathématique, épidémiologie interventionnelle**

Outre ces études, d'autres branches de l'épidémiologie ont un impact majeur en santé publique, comme la modélisation mathématique : elle a par exemple permis au fil de la pandémie de Covid-19 d'envisager différents

scénarios d'évolution de l'épidémie, aidant les pouvoirs publics à préparer la riposte (lire p. 4). Des modèles mathématiques permettent aussi dans une étude récente de retracer la circulation de bactéries résistantes au sein d'un hôpital (lire p. 3).

L'épidémiologie sert également à étudier comment mettre en place des mesures de santé dans telle ou telle population, et d'évaluer leur impact (lire p. 2). Enfin, l'évaluation de la validité de tests diagnostiques, de l'efficacité de vaccins ou de traitements relèvent aussi du savoir-faire d'épidémiologistes (lire ci-dessus).

Ces chercheurs n'ont ni blouse, ni paillasse, ni microscope. Sur le terrain ou dans les bases de données, à force de questionnaires, de calculs, de modélisations, ils révèlent une dynamique des maladies à laquelle notre expérience individuelle échappe : celle des populations. Grâce à leur expertise des mathématiques et notamment des statistiques, ils élaborent des études ayant un impact très concret sur la santé de tous.

DOSSIER RÉALISÉ PAR LA RÉDACTION



# Bich-Tram Huynh, médecin et épidémiologiste

## « Sur le terrain, l'humain avant tout »

**Bich-Tram Huynh est cheffe de groupe/chargée de recherche au sein du laboratoire Épidémiologie et modélisation de la résistance aux antimicrobiens à l'Institut Pasteur. Ses sujets de prédilection sont les maladies infectieuses et la santé mère-enfant dans les pays à faible revenu.**

**L**a médecine dans les pays à faible revenu fut la première vocation de Bich-Tram, animée très tôt par un désir « d'avoir un impact sur la vie des gens ». Elle s'engage dans cette voie dès son externat à l'Université Paris-Descartes, en effectuant un stage de gynécologie-obstétrique au Vietnam : « C'était très formateur, et mon premier contact avec la santé maternelle et infantile ». Elle choisit ensuite un stage aux urgences en Guyane française : « J'ai soigné des maladies qu'on ne voit pas du tout en métropole. Ça m'a tellement plu que j'y suis retournée pour mon internat. »

C'est au cours de cette expérience qu'elle attrape le virus de la recherche et, après avoir obtenu son diplôme de médecine en 2006, choisit de se lancer dans un master puis un doctorat d'épidémiologie en 2008 à l'université Pierre et Marie Curie. « Pour moi l'épidémiologie, ce n'est pas seulement identifier les facteurs de risque et comprendre les mécanismes sous-jacents des maladies, c'est aussi essayer de mettre en place une intervention pour améliorer la santé des gens. »

Pour son doctorat, elle rejoint un laboratoire de l'Institut de Recherche pour le Développement, et travaille sur les conséquences du paludisme de la femme enceinte sur son nouveau-né, au Bénin. Cette expérience vint confirmer la seconde vocation de Bich-Tram : « Mes travaux, avec d'autres, ont amené à ce que l'OMS change ses recommandations pour protéger les femmes enceintes du paludisme. J'ai vraiment eu l'impression de contribuer à améliorer la santé de ces femmes et de leurs enfants. »

Depuis 2012, c'est à l'Institut Pasteur qu'elle continue ses activités de recherche. Elle



**Exposé de Bich-Tram Huynh au comité de pilotage du programme BIRDY.**



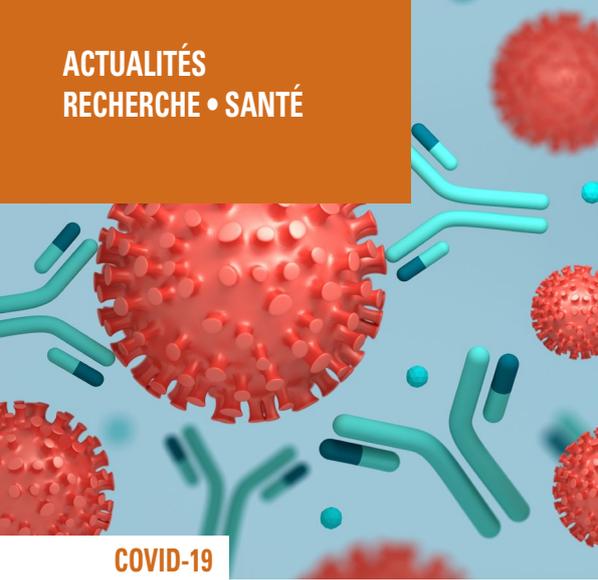
**Une femme et son bébé dans un poste de santé à Dakar, Sénégal.**

travaille aujourd'hui entre autre sur le projet BIRDY, qui étudie les infections bactériennes résistantes au Cambodge, au Sénégal et à Madagascar, notamment chez les tout-petits. En partant une semaine tous les trois mois et en collaboration avec les chercheurs des Institut Pasteur de chacun de ces 3 pays, Bich-Tram a ainsi pu suivre près de 4 000 enfants jusqu'à leur 18 mois. « Cette étude a par exemple permis de mettre en évidence que la plupart des infections sévères bactériennes ont lieu dans la première semaine de la vie, ce qui délimite une fenêtre d'intervention pour réduire leur nombre. » En menant ses travaux de recherche dans les pays à bas revenu, elle doit composer avec de nombreux obstacles matériels et culturels : « À Madagascar, un tiers des naissances ont lieu à domicile avec des accoucheuses traditionnelles. C'est avec elles que nous collaborons lorsque nous investiguons en dehors du système de santé, ce qui nous force aussi à adapter la collecte des données et l'acheminement des échantillons aux laboratoires. Des gestes médicaux ou des technologies qui peuvent nous sembler anodins, comme l'échographie, les prises de sang ou des mesures anthropométriques, peuvent

avoir des connotations culturelles différentes, et entraîner des refus, des méfiances, voire influencer sur la vie des participants. » Bich-Tram estime que l'interdisciplinarité, avec l'intégration des sciences sociales, doit faire partie de tout travail de recherche, que ce soit pour la mise en place d'une étude ou une intervention de santé publique : « À Madagascar, une étude conjointe épidémiologique et anthropologique est en cours pour identifier les voies de transmission de certaines bactéries multirésistantes chez le nouveau-né. »

Malgré l'éloignement géographique, l'épidémiologie de terrain bénéficie d'avancées technologiques facilitant la vie des chercheurs : « Grâce à la saisie et la transmission rapide des données, on peut repérer et corriger les erreurs. J'ai ainsi pu identifier depuis Paris une balance défectueuse utilisée pour mesurer le poids des bébés au Bénin, et la signaler rapidement. Cela peut paraître anecdotique, mais ce défaut pouvait fausser l'étude. »

La chercheuse voit dans ses travaux le moyen d'essayer de mettre en place des interventions de santé publique adaptées aux normes culturelles locales, afin d'améliorer la santé des personnes vivants dans les pays à bas revenu.



COVID-19

## Deux anticorps monoclonaux bientôt en essai clinique

**D**éjà utilisés dans certaines immunothérapies anti-cancéreuses et contre les maladies auto-immunes ou inflammatoires, les anticorps monoclonaux représentent actuellement la meilleure option pour la prévention et le traitement des formes graves de la Covid-19 chez les personnes immunodéprimées ne répondant pas à la vaccination (environ 230 000 personnes en France).

Les anticorps sont les protéines de défense produites par des cellules notre système immunitaire, appelées lymphocyte B, face à une molécule étrangère comme la protéine de spicule du SARS-CoV-2 grâce à laquelle le virus infecte les cellules. En étudiant une centaine d'anticorps monoclonaux\* dirigés contre cette protéine S, produits à partir de sujets convalescents, des chercheurs\*\* ont pu identifier deux anticorps particulièrement prometteurs. Ces anticorps ont une activité puissante de neutralisation contre le SARS-CoV-2, et sont aussi efficaces contre les variants préoccupants du virus (Alpha, Beta, Gamma, Delta, Omicron BA.1 et BA.2).

Ils représentent des candidats prometteurs pour le développement d'immunothérapies, pour la prévention des formes graves et/ou le traitement de la Covid-19, à tel point qu'une demande internationale de brevet a été déposée par l'Institut Pasteur. Leur potentiel thérapeutique et de prévention a été confirmé en laboratoire, et des essais cliniques ont été initiés en juillet 2022.

\* Les anticorps monoclonaux sont des anticorps fabriqués en laboratoire à partir d'un lymphocyte B pour traiter des maladies spécifiques.

\*\* Étude dirigée par Hugo Mouquet, responsable de l'unité d'immunologie humorale à l'Institut Pasteur, en collaboration avec de nombreuses équipes de l'Institut Pasteur et de l'Inserm.

VIH

## Une piste vers une thérapie cellulaire pour contrôler l'infection

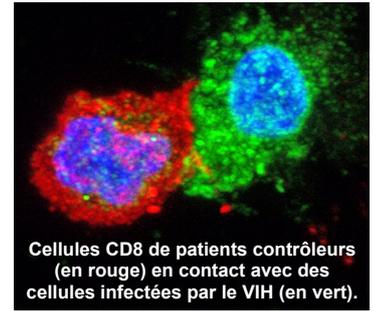
**M**oins de 1% des personnes vivant avec le VIH sont capables de maîtriser l'infection virale naturellement, sans traitement. Ces individus appelés contrôleurs du VIH disposent en effet de lymphocytes T CD8+, des cellules immunitaires spécialisées dans la destruction des cellules infectées, bien plus efficaces que celles des patients non-contrôleurs. Chez les contrôleurs, les

cellules T CD8+ agissent mieux contre l'infection par le VIH, mais présentent aussi des capacités de mémoire, de survie et de durée de vie plus importante.

Après avoir identifié ces mécanismes, les chercheurs\* ont réussi à reprogrammer des cellules T CD8+ de patients non-contrôleurs afin qu'elles acquièrent ces caractéristiques clés. Ces résultats, obtenus en laboratoire, ouvrent la voie à l'élaboration d'une thérapie cellulaire qui pourrait permettre d'obtenir une rémission de l'infection par le VIH, en réinjectant aux patients non-contrôleurs leurs propres cellules reprogrammées.

Les caractéristiques cellulaires obtenues après la reprogrammation sont telles que d'autres thérapies cellulaires, comme celles contre le cancer, pourraient bénéficier de cette découverte.

\* Étude coordonnée par Asier Sáez-Cirión, responsable du groupe Réservoirs viraux et contrôle, avec l'Université Paris Cité, l'Inserm et l'AP-HP.



Cellules CD8 de patients contrôleurs (en rouge) en contact avec des cellules infectées par le VIH (en vert).

HÉPATITE B ET D

## La porte d'entrée des virus dans le foie dévoilée

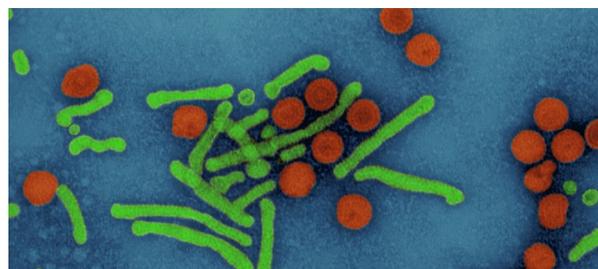
**L**a protéine NTCP est une petite molécule située dans la membrane des cellules du foie, qui leur permet de recycler les acides biliaires, facilitant la digestion. Cependant, elle est également la cible des virus humains de l'hépatite B\* et D.

Jusqu'ici, les chercheurs n'avaient pas pu caractériser sa structure en trois dimensions du fait de sa petite taille, mais une collaboration franco-belge\*\* est venue à bout de ce défi, en utilisant des fragments d'anticorps pour grossir et stabiliser la protéine.

Les chercheurs ont ainsi pu étudier les différentes configurations de la protéine, dont l'une semble empêcher le ciblage par les virus. Ils comptent désormais poursuivre ces travaux pour élucider pleinement le fonctionnement de NTCP, car mieux comprendre cette protéine pourrait permettre le développement de traitements ciblant spécifiquement le foie, et guider la recherche de molécules empêchant l'infection par le virus de l'hépatite B et D.

\* L'hépatite B chronique peut être à l'origine de cancer du foie et de cirrhose (voir page ci-contre).

\*\* Étude dirigée par Nicolas Reyes, responsable de l'unité Mécanismes des protéines membranaires à l'Institut Pasteur et directeur de recherche au CNRS, avec des scientifiques de l'Institut flamand de biotechnologie et de l'Université libre de Bruxelles.



Virus de l'hépatite. Les sphères rouges correspondent au virus complet infectieux. Les tubules et sphères verts sont des particules non infectieuses composées uniquement des protéines de l'enveloppe du virus.

Astrocytes entourant une plaque amyloïde reconnaissable à son aspect « spongieux ». Les plaques amyloïdes sont caractéristiques de la maladie d'Alzheimer. Elles sont constituées d'un dépôt de fibrilles de la protéine bêta-amyloïde.

## MALADIE D'ALZHEIMER

# Quels sont les mécanismes à l'origine de la maladie d'Alzheimer ?

**L'**âge est le principal facteur de risque de la maladie d'Alzheimer, maladie neurodégénérative d'évolution progressive qui touche plus d'un million de personnes en France. Si son origine est probablement multi-factorielle, influencée par la génétique et l'environnement, deux types de lésions retiennent l'attention des chercheurs : les plaques amyloïdes et la dégénérescence neurofibrillaire.

Ces phénomènes sont liés à l'accumulation de protéines nécessaires au fonctionnement du cerveau mais qui, chez les malades atteints d'Alzheimer, ne sont pas correctement métabolisées et forment des structures toxiques pour les neurones.

La dégénérescence neurofibrillaire est ainsi due à une protéine appelée tau, composante essentielle du système de communication interne des cellules : les

microtubules. La protéine tau s'accumule à l'intérieur des neurones sous forme d'agrégats toxiques et de fibrilles qui aboutissent à la mort des neurones incapables de les dégrader.

À l'extérieur des neurones, des plaques amyloïdes se forment à cause de l'agglomération de protéines qu'ils utilisent pour communiquer entre eux, appelées  $\beta$ -amyloïdes. Ces plaques entraînent une cascade de réactions inflammatoires toxiques pour les neurones.

Malgré la connaissance de ces deux mécanismes, aucun traitement n'a encore permis de guérir la maladie, ni même de ralentir son évolution. L'un des principaux obstacles au développement de nouvelles thérapies réside dans la difficulté à détecter précocement la dégénérescence des neurones, avant la perte d'autonomie du patient.

## FOCUS

# Qu'est-ce que l'hépatite B ?

**L'hépatite B est la plus préoccupante de toutes les hépatites, ces inflammations du foie qui provoquent dans leur forme aiguë jaunisse, fatigue et nausée. Les symptômes ne permettent pas en premier examen de déterminer la cause d'une hépatite, qui peut être due à des substances toxiques (alcool, médicament...) ou à plusieurs virus qui diffèrent par leur mode de transmission et leur dangerosité.**

Les hépatites A et E se propagent ainsi par ingestion des virus et ne provoquent pas d'infection chronique, tandis que les hépatites B, C et D, transmises par exposition des muqueuses ou du compartiment sanguin aux fluides biologiques infectés, peuvent entraîner une infection chronique. Chez les personnes infectées par le virus de l'hépatite B (VHB), le risque de devenir porteur chronique est inversement proportionnel à l'âge auquel la personne entre en contact avec le virus : il est ainsi de 80 à 90 % lors de la première année de vie, mais de 5 % à l'âge adulte. Par ailleurs, le VHB est considéré comme particulièrement dangereux, car 20 à 30 % des patients atteints d'une infection chronique développent une cirrhose ou un cancer du foie.

Aucun médicament ne permet actuellement d'éliminer ce virus, mais les vaccins déployés depuis 1981 représentent un outil de lutte très efficace : ils ont permis de réduire de 80 % la part des enfants de moins de 5 ans présentant une infection chronique par le VHB à l'échelle mondiale.



Vaccination contre l'hépatite B à Nafona au Burkina Faso.

### Pour en savoir plus, voir :

- Protéger les bébés de l'hépatite B, p. 2
- Hépatites : la porte d'entrée des virus dans le foie dévoilée, p. 8

### L'hépatite B dans le monde en 2019

**1,5 million**

de personnes a contracté une nouvelle infection par le VHB

**300 millions**

de personnes vivent avec une infection chronique, mais seules 10 % ont été diagnostiquées

Seulement

**6,6 millions**

de malades bénéficient d'un traitement

**820 000**

personnes sont mortes des suites de l'infection chronique par le VHB

Chiffres de l'OMS

## ASIE DU SUD-EST

## Améliorer la prise en charge des encéphalites infantiles

**L'**encéphalite est une inflammation aiguë du tissu cérébral, qui pose un problème de santé publique mondial en raison de son taux élevé de mortalité et des séquelles neurologiques qu'elle entraîne. Elle est particulièrement présente en Asie du Sud-Est, et ses causes restent fréquemment inconnues.

Le projet « South East Asia encephalitis\* » les a recherchées chez plus de 650 enfants souffrant d'encéphalite, suivis dans des hôpitaux du Cambodge, Laos, Vietnam, et Myanmar. La cause la plus fréquente était l'infection par le virus de l'encéphalite japonaise (33% des patients), les autres cas étant associés à un large éventail d'agents infectieux (dont les virus de la dengue et de la grippe, le bacille tuberculeux...) ou une origine auto-immune. 18% des causes identifiées étaient traitables et 42% auraient pu être prévenues par la vaccination. Au terme de leur séjour à l'hôpital, 13% des enfants étaient décédés, 23% présentaient des séquelles neurologiques sévères, 30% avaient des séquelles neurologiques légères ou modérées, et 34% aucune séquelle. « Cette étude souligne l'importance des campagnes nationales de vaccination massive ciblant notamment le virus de l'encéphalite japonaise », concluent les auteurs. Ces travaux vont permettre des projets de recherche sur le mécanisme de ces infections, impliquant le Pasteur Network.

\* Projet co-coordonné par Marc Lecuit, (Université Paris Cité et hôpital Necker-Enfants malades AP-HP), responsable de l'unité de Biologie des infections à l'Institut Pasteur (Université Paris Cité, Inserm), en collaboration avec le Pasteur Network.



Hôpital pédiatrique de Yagon, en Myanmar.

## CANADA

## Mère et fœtus sensibles aux perturbateurs endocriniens

**L**es perturbateurs endocriniens sont des molécules omniprésentes dans notre quotidien, notamment dans les plastiques et les cosmétiques, qui dérèglent nos hormones. Leurs effets sur la santé humaine sont multiples, particulièrement durant la grossesse, pendant laquelle les hormones régissent d'importants bouleversements physiologiques chez la mère et le fœtus.



En compilant les travaux existants, des chercheuses\* ont montré la vulnérabilité du placenta face aux contaminants extérieurs : il produit des hormones nécessaires à la grossesse et toute altération dans son fonctionnement affecte la santé de la mère et celle de son enfant à court, moyen et même à long terme.

L'étude met en évidence cette co-sensibilité aux perturbateurs endocriniens, mais donne également un aperçu des changements qu'ils produisent. Par exemple, l'exposition précoce à certains contaminants peut affecter le développement des glandes mammaires chez les bébés à naître, les rendant plus à risque de développer un cancer du sein à l'âge adulte. C'est le cas du bisphénol A (BPA), présent dans certains plastiques alimentaires, et du diéthylstilbestrol (DES), un œstrogène de synthèse utilisé chez les femmes pour le traitement de la ménopause ou les risques de complications de grossesse.

\* Étude menée par des chercheuses du Centre Armand-Frappier Santé Biotechnologie de l'Institut national de la recherche scientifique du Canada, membre du Pasteur Network (anciennement Réseau international des Instituts Pasteur).

## BRÉSIL

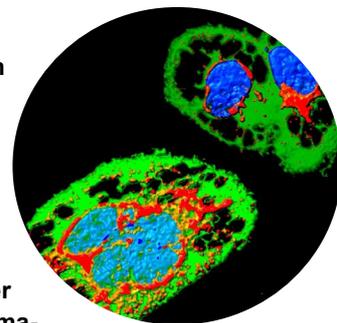
## Zika : prise de conscience autour de la mortalité infantile

**L**e Zika est un virus présent en Afrique et en Asie, récemment émergent en Amérique du Sud. Transmis par les moustiques, il est le plus souvent bénin pour les adultes. En revanche, il peut causer des anomalies du développement cérébral s'il infecte une femme enceinte et son fœtus. Chez le nouveau-né, cela peut se traduire par des microcéphalies, des difficultés à avaler ou encore de l'épilepsie. Ensemble, ces malformations forment le syndrome de Zika congénital.

Pendant 3 ans, grâce aux bases de données publiques, des chercheurs\* ont suivi plus de 11 millions de nouveau-nés, dont 3 308 atteints du syndrome de Zika congénital. Ils ont ainsi pu montrer que leur mortalité était 10 fois supérieure à celle des enfants non atteints.

Il n'existe actuellement aucun vaccin contre le virus Zika, ni de médicament spécifique pour soigner la maladie. Cette étude souligne auprès des autorités de santé brésiliennes la nécessité de prévenir l'infection congénitale, et d'adapter la prise en charge de ces enfants particulièrement fragiles.

\* Étude coordonnée par la fondation Oswaldo Cruz (Fiocruz) de Rio de Janeiro, membre du Pasteur Network.



Cellule infectée par le virus Zika (en rouge).

#ScienceForUkraine

## Des chercheurs ukrainiens accueillis à l'Institut Pasteur

**A**ffichant un soutien marqué envers la population et la communauté scientifique ukrainienne qui continue de faire face à l'invasion de leur pays par la Russie, l'Institut Pasteur a engagé très tôt plusieurs actions en faveur des chercheurs et du peuple ukrainien.

Dès le mois de mars, il a notamment proposé d'accueillir des chercheuses et des chercheurs dans ses laboratoires. Une soixantaine d'unités de recherche avaient alors proposé d'accueillir un chercheur ukrainien. L'appel avait consécutivement reçu un large écho grâce au site <https://scienceforukraine.eu> et à la mise en place du hashtag #ScienceForUkraine, deux relais qui ont permis d'accroître la visibilité de ces offres dans le monde et de favoriser la mise en contact des demandes et des offres d'accueil. En juin dernier, 10 candidatures avaient déjà été validées et 5 étudiants/chercheurs avaient rejoint le campus et débuté leurs travaux de recherche auprès des équipes pasteurienne. Les autres candidats à être accueillis étaient soit sur le chemin au départ de l'Ukraine ou de la Pologne, soit déjà arrivés en France.



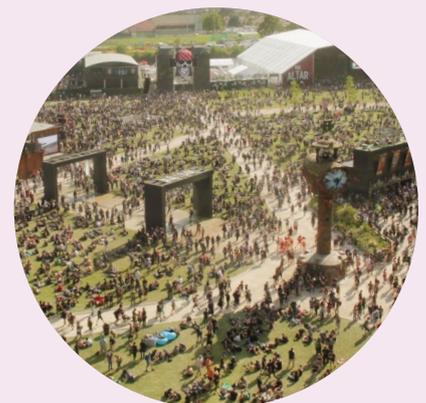
HELLFEST

## Des décibels et des dons

**À** l'occasion de sa 15<sup>e</sup> édition, le Hellfest, plus grand festival de musique Rock-Metal français, a sélectionné l'Institut Pasteur pour être bénéficiaire d'une opération de collecte fondée sur une solution de paiement dématérialisée.

Pour pouvoir consommer dans l'enceinte du festival, les festivaliers peuvent en effet créditer un bracelet électronique qui leur sert de portefeuille... mais le vider entièrement n'est pas aussi simple que de vider son gobelet... et c'est tant mieux !

À l'issue du festival, le choix leur est laissé de convertir les crédits restants en dons au bénéfice de 4 causes, entre lesquelles ils pourront répartir la somme selon leur préférence. Après deux années d'absence en raison de la crise sanitaire, cette édition exceptionnelle du festival a battu tous les records de durée et de participation. Merci aux généreux festivaliers !



## PUBLICATION *Le monde des microbes dans un transat*

Maxime Schwartz et Annick Perrot

Pourquoi Louis Pasteur est-il si célèbre ?



Pour les auteurs de cet ouvrage de vulgarisation, ce n'est pas seulement à cause de l'invention de la vaccination ou de la pasteurisation. La plus grande contribution de ce « Christophe Colomb » des sciences fut sans conteste sa découverte d'un nouveau monde : celui des microbes.

Ce livre est l'occasion de se lancer sur les traces du scientifique, et de continuer l'exploration de cet univers microscopique qui prend vie dans l'air que nous respirons, sur notre peau et jusque dans nos intestins. Louis Pasteur est le premier à comprendre l'importance des microbes, et leur rôle dans un grand nombre de mécanismes dont la fermentation et les maladies. Le terme « microbe », du grec *mikros*, « petit » et *bios*, « vie », a d'ailleurs été inventé

de son vivant, en 1878. Si la science a d'abord cherché à nous protéger d'eux, leur étude nous a permis de percer les secrets du vivant, et à les domestiquer jusqu'à en faire de potentiels alliés.

En nous racontant l'histoire et l'héritage du voyage de Louis Pasteur dans ce monde de bactéries et de virus vecteurs de maladies, pourtant essentiels pour l'équilibre des Hommes et de la planète, Maxime Schwartz et Annick Perrot nous racontent l'histoire d'une révolution des sciences, des techniques, mais aussi de notre rapport au monde.

Maxime Schwartz, ancien directeur général de l'Institut Pasteur, et Annick Perrot, conservatrice honoraire du musée Pasteur, ont déjà publié plusieurs ouvrages sur Louis Pasteur et l'École pasteurienne.

*Pasteur à la plage*, collection « À la plage », éd. Dunod, 224 p., 15,90€

## 16<sup>e</sup> édition du PASTEURDON

# « De génération en génération, faisons avancer l'Institut Pasteur »

Alexandra Lamy,  
marraine du  
Pasteurdon.



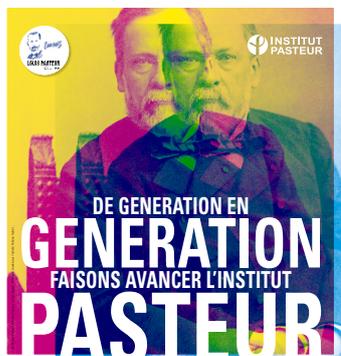
**E**n cette année de célébration du Bicentenaire de la naissance de Louis Pasteur, le Pasteurdon, ce grand rendez-vous annuel d'appel à la générosité de l'Institut Pasteur, prend une coloration particulière. Comment oublier l'afflux massif de dons reçus par Louis Pasteur pour la création de son Institut en 1887? Puis toutes les générations de « Pasteuriens » qui ont suivi, soutenus eux aussi par des dons du public?

Du 5 au 9 octobre prochains, le Pasteurdon rappellera plus que jamais l'importance de la générosité de tous pour faire

avancer les travaux des chercheurs de l'Institut Pasteur. La comédienne Alexandra Lamy, marraine de l'opération pour la 12<sup>e</sup> année consécutive, sera à leurs côtés avec près de 50 médias mobilisés pour diffuser gracieusement des spots radios et télévisés. De fidèles et généreux mécènes sont partenaires du

Pasteurdon : la Fondation Le Roch-Les Mousquetaires, ASSU 2000 et AG2R LA MONDIALE (voir leurs initiatives ci-contre). Ensemble, défendons la recherche.

Pour en savoir plus : [www.pasteurdon.fr](http://www.pasteurdon.fr)



## Des produits-partage

Partenaire du Pasteurdon et engagée aux côtés de l'Institut Pasteur depuis plus de 15 ans, la Fondation Le Roch-Les Mousquetaires mobilise à nouveau les enseignes Intermarché et Bricomarché. Une dizaine de produits-partage y seront proposés du 4 au 9 octobre : des produits sains, de saison, autour du « mieux manger ».



La filière horticole des Mousquetaires est aussi au rendez-vous avec l'achat solidaire d'orchidées et de bouquets de fleurs coupées. Une partie de tous les fonds collectés sera reversée au Pasteurdon, pour soutenir les recherches de l'Institut Pasteur sur la sécurité biologique des aliments!

[www.fondationleroch-lesmousquetaires.org](http://www.fondationleroch-lesmousquetaires.org)

Pour la 9<sup>e</sup> année consécutive, ASSU 2000, courtier en assurance, est partenaire du Pasteurdon et soutient la recherche sur les maladies cardiovasculaires. Une opération de « produit-partage » sera promue dans ses 300 agences et sur son site internet : dès septembre, 2 € seront reversés au Pasteurdon pour chaque contrat d'assurance automobile, 2 roues, santé et prévoyance souscrit. [www.assu2000.fr](http://www.assu2000.fr)

## Rouler pour l'Institut Pasteur

Dans le cadre de son programme « Vivons vélo pour l'Institut Pasteur », AG2R LA MONDIALE, groupe de protection sociale et patrimoniale, et fidèle mécène de l'Institut Pasteur, organise les 24 septembre et 8 octobre prochains des balades à vélo ludiques dans de nombreuses villes (Paris, Lyon, Marseille, Lille, etc.). Les kilomètres parcourus pendant ces rassemblements ou via l'application Vivons Vélo (téléchargeable sur smartphone), seront transformés en dons pour faire grimper le compteur du Pasteurdon.

Objectif 2022 : 100 000 € pour les équipes de l'Institut Pasteur !

Plus d'information : [www.vivonsvelo.fr](http://www.vivonsvelo.fr)

## VOIR OU REVOIR NOS CONFÉRENCES

**Louis Pasteur, son œuvre scientifique et son héritage, « l'esprit Pasteur »**

par le Docteur Jean-François Chambon,  
Directeur de la Communication-Médiation scientifique à l'Institut Pasteur

**Agir sur le système immunitaire pour combattre le cancer**

par le Docteur Philippe Bouso,  
Responsable de l'Unité Dynamique des réponses immunes et Directeur du département d'immunologie à l'Institut Pasteur

Ces deux conférences se sont tenues le 24 juin dernier en présence de



nombreux donateurs et amis de l'Institut Pasteur.

Elles sont accessibles en replay en scannant le QR code ci-contre.

## 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](http://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](mailto:dons@pasteur.fr). Vous pouvez par ailleurs contacter notre délégué à la protection des données personnelles par e-mail à [dpo@pasteur.fr](mailto: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 : Antoine Bogaerts, Frédérique Chegaray • Rédactrice en chef : Corinne Jamma • Journaliste : Arthur Amiel • Ont participé à la rédaction de ce numéro : Anne Bulet-Parendel, Juliette Hardy, Myriam Rebeyrotte • Direction artistique, réalisation : BRIEF • Crédit photos : © y.dejardin/Editel, Institut Pasteur, 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.

