

LUM

N°13
SEPT 2020
JANV 2021

Le magazine science et société de l'Université de Montpellier



> Covid-19
Dans la tempête

Édito

Covid-19 : l'Université de Montpellier mobilisée

L'été est passé, et le coronavirus est toujours là. Dans une situation inédite, l'université a su réorganiser en profondeur ses modes de fonctionnement. Chacun a fait preuve d'une exceptionnelle capacité d'adaptation face à l'ampleur de cette crise sanitaire, ce qui a permis d'assurer la continuité des activités pédagogiques, administratives et scientifiques.

Cette pandémie a plus que jamais démontré l'importance d'avoir un système de recherche performant et réactif. La communauté universitaire montpelliéraine s'est rapidement révélée un acteur majeur pour mieux comprendre cette crise et mieux y faire face. Virologues, cliniciens, épidémiologistes, écologues, chimistes, informaticiens, économistes, biologistes ont mobilisé leurs forces dans la bataille contre le coronavirus.

Retrouvez-les dans ce numéro spécial du magazine *Lum* intégralement consacré à la pandémie de Covid-19 et découvrez la large palette de compétences mises en œuvre pour cerner toutes les facettes de cette crise.



Au cœur de cette tempête, nous tenons le cap. En témoigne la très bonne place obtenue encore cette année au classement de Shanghai : l'Université de Montpellier figure dans le top 200 mondial, avec une excellente 2^e place en écologie à saluer. Des résultats remarquables qui doivent être interprétés comme un signe supplémentaire de la puissance de nos forces scientifiques.

Et pour commencer la lecture de ce treizième numéro de *Lum*, je vous invite à une plongée en Méditerranée aux côtés des chercheurs du laboratoire Biodiversité marine, exploitation et conservation (Marbec), pour observer comment les animaux marins, eux, ont profité de notre confinement...

Je vous souhaite une bonne lecture et vous donne rendez-vous en février pour une prochaine parution.

Philippe Augé,
Président de l'Université de Montpellier

« Cette pandémie a plus que jamais démontré l'importance d'avoir un système de recherche performant et réactif »



Vivre

6

La mer sans les Hommes

10

« Restaurer la confiance »

12

« C'est par le manque que nous voyons la place qu'occupe la culture »

14

École : une autre brique hors des murs

16

Ma petite entreprise surmontera la crise



Comprendre

18

Top modèles

20

Spike, l'espionne au service du dépistage

22

Une recherche en accéléré

24

Précieuses eaux usées

26

L'Afrique out of corona ?

28

Dans la famille coronavirus, je demande...



Demain

30

In the Mood for CoV

32

Pandémie plastique : un faux pas en arrière

34

La chauve-souris sous les radars

36

« Si on ne change pas, ça recommencera »



6

La mer sans les Hommes

10

« Restaurer la confiance »

12

« C'est par le manque que nous voyons la place qu'occupe la culture »

14

École : une autre brique hors des murs

16

Ma petite entreprise surmontera la crise

#umontpellier

Lum - magazine de l'Université de Montpellier
163 rue Auguste Broussonnet - 34 090 Montpellier - www.umontpellier.fr
Directeur de publication // Philippe Augé
Réalisation // Service communication - communication@umontpellier.fr
Rédactrice en chef // Aline Périault - aline.periault@umontpellier.fr - tél. : 04 34 43 31 89

A collaboré à ce numéro // Lucie Lecherbonnier
Conception graphique et mise en page // Caroline Macker, Thierry Vicente
Illustrations // Thierry Vicente
Impression // JF impression - 96 rue Patrice Lumumba - 34 075 Montpellier
Tirage // 6 000 exemplaires - **Dépôt légal** // Septembre 2020 - **ISSN** // 2431-1480

VIVRE

La mer sans les Hommes

Pas un bateau à perte de vue. Des plages désertées. Personne en mer. Personne sauf l'équipe de Julie Deter et David Mouillot* avec leurs chercheurs, techniciens et plongeurs. Ils font partie des rares élus qui ont pu sillonner la Méditerranée pendant cette période très particulière de confinement. Objectif : étudier la biodiversité marine en l'absence de l'Homme.

« C'était une formidable occasion d'obtenir un vrai état de référence du milieu marin préservé temporairement de la présence humaine. Cette nouvelle référence permettra notamment de mesurer plus précisément l'état de dégradation de la biodiversité marine et l'effet des protections mises en place », explique David Mouillot.

L'équipe a déployé plusieurs types d'outils pour appréhender la diversité marine. « Des outils visuels d'une part, grâce aux plongeurs sous-marins qui ont filmé des images exceptionnelles ». Mais aussi des hydrophones pour écouter les bruits de la mer qui sont en temps normal parasités par les bruits de bateau.

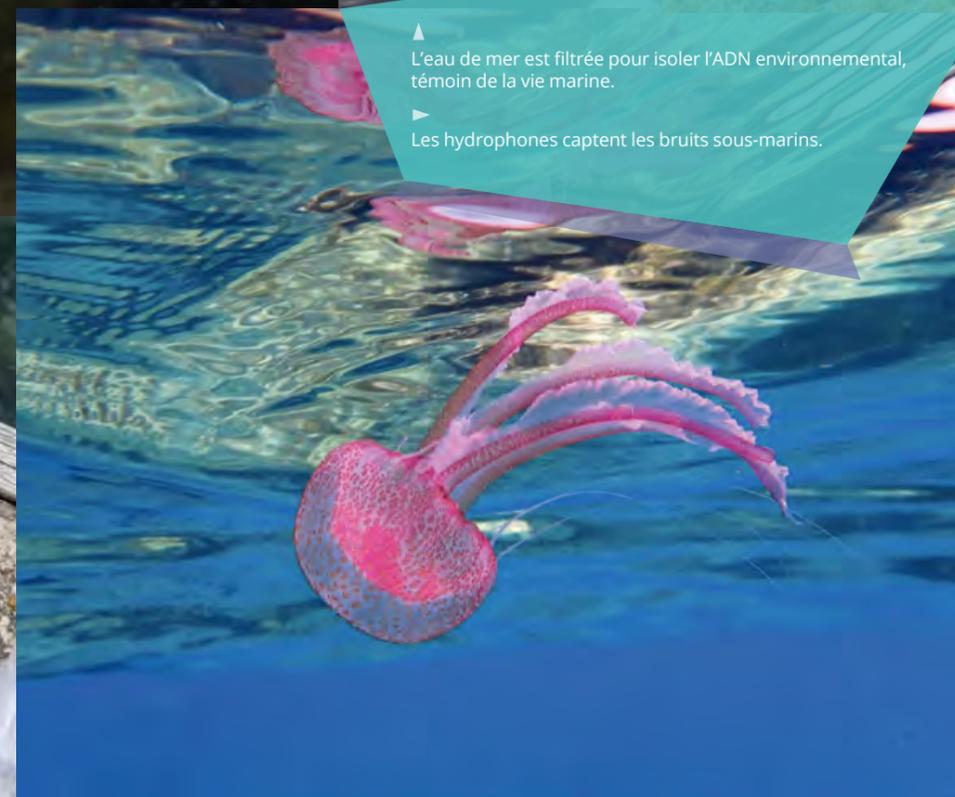
Le projet a enfin utilisé un outil innovant : l'analyse de l'ADN environnemental. Le principe : filtrer des échantillons d'eau afin de récupérer l'ADN qui y a été laissé par les organismes vivants. Cet ADN est ensuite comparé avec une base de référence afin de savoir à quelles espèces l'ADN se rapporte. « Cette technique permet de révéler la présence d'espèces rares ou furtives que l'on ne voit jamais en plongée, explique David Mouillot. On pourra ainsi savoir si des espèces généralement présentes au fond ou au large se sont rapprochées lors du confinement. »

Les chercheurs ont ainsi observé une Méditerranée qui a bien profité de l'absence de l'Homme. « Pêcher, faire de la plaisance, mais aussi simplement se baigner, toutes ces activités ont des conséquences sur les habitants du littoral qui ont sûrement déconfiné pendant notre confinement. Et vice versa cet été. » **AP**

* Laboratoire Biodiversité marine, exploitation et conservation (MARBEC) (IRD, Ifremer, Université de Montpellier, CNRS) - Andromède Océanologie. Mission menée en partenariat avec SpyGen, le financement de l'Agence de l'eau, et le feu vert de la préfecture maritime.



L'ange de mer (*Squatina squatina*) n'avait pas été observé en plongée depuis des années en Méditerranée occidentale. © Laurent Ballesta



▲ L'eau de mer est filtrée pour isoler l'ADN environnemental, témoin de la vie marine.
▶ Les hydrophones captent les bruits sous-marins.





Du 17 mars au 11 mai 2020, la France a connu une situation totalement inédite. 8 semaines de confinement, que chacun a vécu différemment. Comment et pourquoi les Français ont-ils ou n'ont-ils pas respecté les règles imposées ? Pour mieux cerner cette épineuse question, Marlène Guillon et Pauline Kergall ont mené l'enquête.

« Restaurer la confiance »

Pourquoi une enquête sur le confinement ? « Parce que confinées, nous avons du temps pour cela », plaisante Marlène Guillon du laboratoire Montpellier recherche en économie*. Mais surtout parce que dès le début de cette période si particulière, la chercheuse remarque dans son entourage que les réactions face à cette nouvelle donne sont extrêmement variables. « Certaines personnes ont joué le jeu avec beaucoup de rigueur, alors que d'autres pas du tout, continuant à sortir et à se réunir malgré les consignes en vigueur. J'ai donc voulu trouver un moyen de comprendre ces différentes attitudes ».

Avec Pauline Kergall, doctorante au laboratoire MRE, elles établissent un questionnaire en ligne et recrutent plus de 1 900 volontaires entre le 16 et le 30 avril. Salaire, situation de travail pendant le confinement, perception de leur état de santé, nombre de sorties par semaine, confiance dans le gouvernement pour gérer la crise, au total les volontaires répondent à 57 questions destinées à mieux cerner leur relation au confinement.

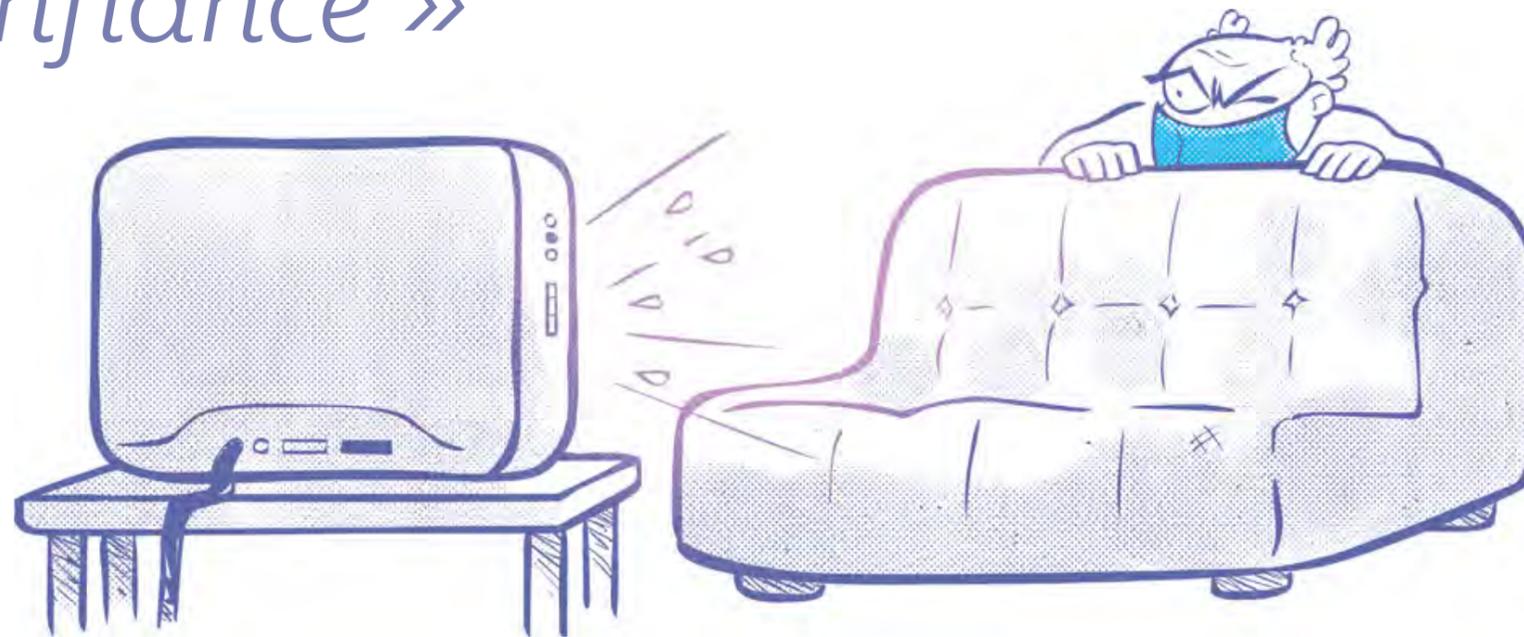
Problème de confiance

Marlène Guillon et Pauline Kergall ont ensuite passé au crible les réponses des volontaires. Parmi les grandes tendances qui se dégagent de l'enquête, les chercheuses notent alors que les attitudes face au confinement sont directement corrélées à plusieurs facteurs, notamment : la perception de la menace constituée par la Covid-19, les bénéfices perçus du confinement, le bien-être durant cette période (*lire encadré*) et la confiance dans le gouvernement pour gérer cette crise.

« Globalement, 74 % des répondants se déclaraient plutôt ou totalement d'accord avec le confinement, soulignent les chercheuses qui reconnaissent avoir été surprises que la mesure soit si massivement soutenue. Il semblerait que c'est la seule chose qui leur soit parue efficace, probablement car à ce

moment-là il n'y avait rien d'autre », suppose Marlène Guillon.

Car lors de cette deuxième quinzaine d'avril, la situation peut sembler confuse : « les masques manquent, les tests aussi, le débat sur l'hydroxychloroquine occupe le devant de la scène médiatique », rappelle Marlène Guillon. Résultat : seuls 30 % des volontaires déclarent alors faire confiance au gouvernement pour gérer la crise. Un pourcentage qui a d'ailleurs décliné au cours des deux semaines qu'a duré l'enquête. La confiance qui est pourtant un enjeu majeur : « ceux qui déclaraient faire confiance au gouvernement pour gérer cette crise sont aussi ceux qui ont le plus respecté les règles édictées pendant le confinement », précise Pauline Kergall.



Traçage numérique

La confiance, indispensable pour le respect du confinement. Mais pas seulement. Les chercheuses ont en effet profité de cette enquête pour explorer également le sentiment des Français par rapport à l'application de traçage numérique aujourd'hui appelée StopCovid, qui était en train d'être mise au point à cette période. Le principe : retracer les contacts d'une personne infectée grâce à son téléphone portable. « Nous avons voulu savoir si les Français seraient disposés à l'utiliser en posant deux questions : jugez-vous ce type d'application acceptable, et êtes-vous susceptible de l'installer ? », précisent-elles. À l'époque, 42 % des volontaires jugent une telle application plutôt ou totalement acceptable.

« Ceux qui jugeaient cette application inacceptable sont justement ceux qui manifestaient le moins de confiance dans le gouvernement, notent les chercheuses. C'est un enseignement majeur car on estime qu'il faudrait que 70 % de la population installe l'application pour qu'elle soit pleinement efficace », précisent-elles. Un enseignement qui pourrait également s'avérer fort utile en cas de confinement ultérieur. « Ces informations pourraient en effet aider à déterminer les stratégies de communication à mettre en place pour accompagner de telles mesures, afin de restaurer la confiance ». A.P.

*MRE : Equipe d'accueil 7491 (UM)

Objectif bien-être

Pendant le confinement, vous êtes-vous senti isolé, déprimé, stressé, anxieux, vous êtes-vous ennuyé ? Jamais, rarement, parfois, souvent, tout le temps ? Grâce à ces questions, Marlène Guillon et Pauline Kergall ont déterminé un « indice de bien-être » des volontaires. « En fonction des réponses, cet indice était chiffré de 0 à 16 », expliquent les chercheuses qui ont fait le constat suivant : ceux qui ont un indice de bien-être élevé et qui vivent plutôt bien le confinement sont aussi ceux qui y adhèrent le mieux. « Nous avons notamment noté que ceux qui avaient l'indice de bien-être le plus faible étaient également ceux qui déclaraient faire le plus de sorties par exemple », détaille Pauline Kergall. « Pour améliorer l'adhésion au confinement, il est donc important de soutenir ceux qui ne le vivent pas bien, par exemple en mettant en place des permanences de soutien psychologique à distance », recommandent les chercheuses.

C'est par le **manque** que nous voyons la place qu'occupe **la culture**



Conséquence directe de la crise sanitaire, de nombreux festivals ont dû annuler leur édition 2020, occasionnant des pertes économiques et sociales lourdes pour le secteur culturel et artistique comme pour les territoires. Une enquête publiée en mai dernier estime ces pertes entre 2,3 et 2,6 milliards d'euros. Explications avec le politologue Emmanuel Négrier*, codirecteur de l'étude.

Vous avez publié cette enquête deux mois seulement après le début de la crise. Comment avez-vous pu la réaliser aussi rapidement ?

C'est une thématique que je connais bien puisque que je travaille sur les festivals depuis une quinzaine d'années. En juin 2019, nous avons lancé, avec Aurélien Djakouane mon collègue sociologue, une nouvelle opération de recherche, appelée SoFest, portant entre autres sur les indicateurs socioéconomiques des festivals. Quand la crise est survenue, l'enquête était suffisamment avancée pour nous permettre de travailler sur une estimation des pertes engendrées par l'annulation de la saison festivalière.

Combien de festivals sont touchés par les annulations ?

Sur la période d'avril à août compris, on est déjà à 4 000 festivals.

Vous estimez les pertes économiques entre 2,3 et 2,6 milliards. A quoi correspond ce chiffre et comment y êtes-vous parvenu ?

C'est une estimation des retombées économiques négatives liées à ces annulations. Les retombées négatives directes c'est l'ensemble des dépenses que les festivals n'effectueront pas. Nous connaissons la structure des budgets des festivals qui composent notre échantillon, nous

avons donc pris leurs dépenses totales habituelles desquelles nous avons soustrait le montant des subventions qui, dans la grande majorité des cas, ont été dépensées pour soutenir les compagnies et les artistes programmés. Sur une base de 4 000 festivals annulés cela nous donne une fourchette comprise entre 580 et 811 millions qui auraient dû être dépensés par les festivals et qui ne l'ont pas été.

Et les retombées négatives indirectes alors ?

Ce second indicateur concerne l'absence des dépenses effectuées par les festivaliers cette fois. Grâce aux enquêtes menées dans le cadre de SoFest, nous savons qu'un festivalier dépense en moyenne 53 euros par jour (boissons, transports, restauration, couchage, billets etc.) qu'il faut multiplier par le nombre total d'entrées dans les festivals soit environ 26 millions. Nous aboutissons alors à 925 millions qui ne sont pas dépensés par les festivaliers. C'est une déséconomie pour le secteur de la culture et pour le territoire.

Mais on n'atteint pas encore les 2 milliards de perte ?

Parce qu'il faut encore mesurer les effets induits de l'activité festivalière. Exemple : un festival c'est de l'emploi pour le menuisier du coin qui fait les balustrades, lequel embauche des personnes qui dépensent de l'argent sur le territoire. Pour mesurer cet impact nous avons retenu un multiplicateur déjà éprouvé dans le domaine culturel et nous arrivons alors à cette estimation de 2,3 et 2,6 milliards de pertes économiques.

Quelles sont les perspectives pour les festivals ? Va-t-on assister à des disparitions en masse ?

Pour les festivals très subventionnés leur incertitude stratégique est du côté du maintien de la subvention et objectivement je ne peux pas prédire quelle sera la situation des finances publiques dans un an, mais je suppose que ça va tanguer. Pour ceux qui ont un niveau de subvention faible ou nul, l'incertitude est du côté de la billetterie. C'est le retour des gens au spectacle dans des conditions normales. Avec l'énergie du désespoir certains vont se maintenir à flot l'an prochain, mais après ? Je crains 2022.

Pour les festivaliers, que représente un été sans festival en France ?

On sait par nos enquêtes que le festival est devenu une pratique qui dépasse le cadre de la consommation artistique. Ce sont des petites républiques parce que le fait de passer par une expérience festivalière a un impact civique qui va au-delà de l'expérience culturelle. Ce qui va manquer c'est ça.

Ces annulations de festivals auront-elles des répercussions sur la saison culturelle 2020-2021 ?

Le Printemps de Bourges annulé, Avignon, Aurillac, Chalon... Ce sont des rencontres entre producteurs, programmeurs et artistes qui ne se font pas. C'est cette fonction de place de marché au sens large qui disparaît. C'est par le manque que nous voyons la place qu'occupe la culture et dans la culture la place prise par les festivals... Et nous voyons qu'elle est considérable.

*Centre d'études politiques et sociales : environnement, santé, territoires (UM - CNRS)



Le confinement a-t-il ébranlé les fondements de l'institution scolaire ? Sortis temporairement des murs de l'école, enseignants et familles des quartiers populaires ont parfois réussi à se rapprocher pour construire de nouvelles relations. Loin des représentations habituelles de chacun.

École :

une autre brique hors des murs

« **N**ous voulons montrer que face à une difficulté commune qui est la pandémie, on observe une modification à la marge des types de rapports qui caractérisent l'école » explique Geneviève Zoïa, anthropologue membre du Cepel*. Pendant le confinement la chercheuse s'est penchée sur les relations entre parents et enseignants dans les quartiers populaires, à Clichy-sous-Bois et dans le quartier Mas de Mingue à Nîmes notamment.

« *Quelque chose s'est passé* » affirme l'anthropologue, qui s'appuie également sur le travail de terrain de Julie Gamera et Tiphaine Adeline-Rousseau, deux étudiantes en master. S'il est trop tôt pour conclure que ces changements s'inscriront durablement dans le paysage scolaire, certaines caractéristiques de notre système éducatif semblent bien avoir été ébranlées par cette crise. A commencer par la verticalité des relations entre l'institution et les familles, souvent construites autour des problèmes de l'enfant et des parents qui peinent à les accompagner.

Casser les représentations

« *Pendant le confinement, enseignants et parents sont sortis des murs, ils ont collaboré sur d'autres modes que celui de la difficulté de l'enfant. Ils ont pu se découvrir en dehors de ce cadre très vertical où l'école dicte toujours la règle et déconstruire les représentations négatives qu'ils avaient les uns des autres* », explique Geneviève Zoïa. L'école à distance a ainsi permis à certaines familles de réaliser que les enseignants se souciaient réellement des enfants et les ensei-

gnants ont déconstruit la représentation du parent consommateur, peu investi dans l'accompagnement scolaire.

Autre principe remis en cause par le confinement, la neutralité. Pilier du système éducatif français avec la laïcité, la neutralité implique selon la chercheuse « *que l'école doit être la même pour tous et que l'on ne sait donc rien des particularités des uns des autres* ». La mise en place de classes virtuelles, l'échange régulier par téléphone ou par mail entre enseignants et parents ont ouvert une fenêtre sur la vie ordinaire des uns et des autres. Ils ont souvent permis une personnalisation des relations, une meilleure prise en compte des situations propres à chaque élève.

« *On a observé pendant cette période une incarnation des relations*, décrit la chercheuse. *On signe les mails par son prénom, on voit passer les petits frères et sœurs pendant la classe virtuelle, on se demande des nouvelles au téléphone à l'occasion d'un appel pour donner les devoirs. Là encore il y a une déconstruction de la relation purement neutre pour aller vers quelque chose de plus personnel.* »

Ouvrir la classe

La pédagogie a également dû s'adapter à ces nouvelles contraintes. Un défi pour certains enseignants peu familiers des outils numériques auxquels ils se sont formés « *sur le tas* ». Avec à la clé des résultats qui s'avèrent globalement positifs. « *Plusieurs professeurs déclarent vouloir adopter ces nouvelles méthodes qui leur permettent de voir leur métier autrement, de personnaliser davantage les enseignements, de mieux s'adapter aux élèves* » observe l'anthropologue.

Classes virtuelles, création de blogs, groupes *What's app*, « *tutos* » des enseignants à destination des parents, pour Geneviève Zoïa, « *les enseignants ont ouvert leur classe et montré ce qu'ils faisaient à l'école et de l'autre côté, les parents ont été surpris et reconnaissants des initiatives prises pour les enfants.* » Certains élèves se sont également révélés différents dans cette nouvelle configuration,



« *plus autonomes, plus actifs car moins exposés aux regards des autres dans une classe virtuelle qu'à l'école.* »

Pour autant l'anthropologue ne minimise ni le décrochage, ni les difficultés d'accès au numérique ou le sentiment d'illégitimité dans l'accompagnement des enfants qui caractérisent la relation des milieux populaires à l'institution scolaire. « *On sait que les familles populaires sont moins proches des codes scolaires. Le virus a bien-sûr fait loupe sur des phénomènes que l'on connaît, mais il faut également regarder ce que cette situation, expérimentale de fait, a permis de modifier.* »

Vers un nouveau récit

Un moyen peut-être, selon la chercheuse, d'infléchir le récit négatif que l'école à d'elle-même depuis des années. Un récit régulièrement alimenté par « *les enquêtes PISA [Programme international pour le suivi des acquis des élèves] qui nous montrent que l'école française est discriminante, par tout le récit autour de la perpétuation des inégalités, par toutes les difficultés à changer, à faire des réformes...* »

Au contraire, le travail de Geneviève Zoïa révèle que dans des circonstances particulièrement éprouvantes, les enseignants et les familles ont été souvent « *capables de s'adapter, de se rencontrer pour dépasser ce sentiment très fort dans les quartiers qui enferme l'école dans l'opposition "eux" et "nous". C'est un constat qui fait du bien !* » Un constat qui loin de casser l'école, apporte une nouvelle brique à sa construction. ¹¹

*Centre d'études politiques et sociales : environnement, santé, territoires (UM - CNRS)

« *Les enseignants ont ouvert leur classe et montré ce qu'ils faisaient à l'école* »



Une enquête réalisée auprès des chefs d'entreprise révèle que si la crise sanitaire a accru le risque de burn-out, elle a paradoxalement renforcé des traits psychologiques déterminants pour la santé des dirigeants et de leur entreprise. Un processus conceptualisé par Olivier Torrès sous le terme de « *capital salutopreunarial* » ou « *décret de la volonté* ».

Dire que les entreprises ont subi de plein fouet les mesures liées à la crise sanitaire ne surprendra personne. Pourtant les conséquences ne sont pas forcément celles que l'on attendait et c'est ce que démontre Olivier Torrès*, économiste spécialiste de la santé des chefs d'entreprise et président de l'observatoire Amarok, dans une étude menée auprès de 1 925 chefs d'entreprise pendant les deux mois de confinement.

Le burn-out d'empêchement

Premier constat, paradoxal en apparence dans une période marquée par une cessation d'activité, l'augmentation du risque de burn-out. Au cours de l'étude, 34,5 % des personnes interrogées présentaient un risque contre 17,5 % en 2019 et 9 % étaient déjà jugés en phase sévère. « *Nous sommes face à un risque de tornade tel qu'on n'en a jamais mesuré, estime l'économiste, les seuls chiffres que j'ai au-dessus sont ceux des agriculteurs.* »

Un phénomène qui interroge puisque l'étude révèle par ailleurs une amélioration de la santé physique des entrepreneurs qui ont pu profiter du confinement pour ralentir et se reposer. La santé mentale et la qualité de sommeil se sont, elles, fortement dégradées en lien avec la montée du sentiment d'impuissance et d'être coincé. « *Les déterminants ont changé et nous sommes passés d'un burn-out d'épuisement à un burn-out d'empêchement* » explique Olivier Torrès.

Une mutation qui met en évidence « *la valeur centrale pour ne pas dire existentielle* » du travail pour les entrepreneurs qui, durant ces deux mois, ont manifesté davantage d'inquiétude à l'idée de déposer le bilan qu'à celle d'être gravement atteint par la Covid-19. Pour autant le chercheur ne se veut pas alarmiste : « *Ce chiffre est complètement lié au confinement. Le sentiment d'être impuissant va s'estomper avec le redémarrage de l'économie.* »

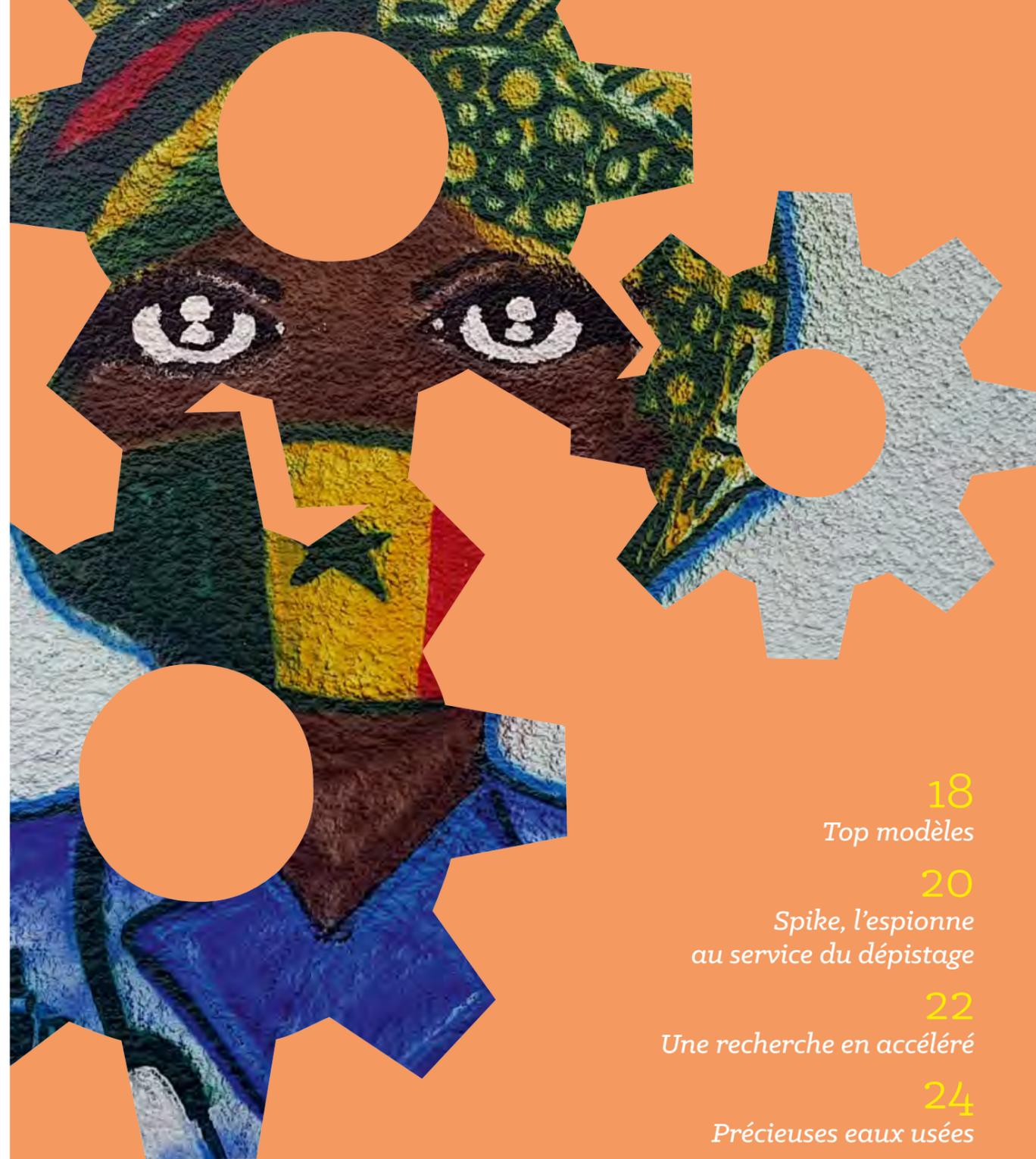
Ma petite entreprise surmontera la crise

Le concept « *salutopreunarial* »

Une reprise économique favorisée par le second constat de cette étude, plus positif. En effet, si l'optimisme est en berne, les réponses aux questions relatives à la résilience, à l'auto-efficacité, à la capacité de s'adapter et de mener des actions en cohérence avec soi-même, ou encore à la volonté de donner du sens à ses actions et d'en assumer les conséquences témoignent d'une nette augmentation de ces traits chez les entrepreneurs pendant la période de confinement.

« *Ces variables répondent à deux fonctions essentielles pour les chefs d'entreprises que sont le "problem solving" [résolution de problème] et le "sens making" [création de sens] et constituent ce que je nomme le capital salutopreunarial. Il définit une sorte de décret de la volonté.* » Or le chercheur a pu mesurer que les personnes fortement dotées de ce capital sont non seulement en meilleure santé mais présentent également les meilleurs résultats entrepreneuriaux. Une étude qui démontre à nouveau le rôle fondamental que peut jouer la psychologie sur la scène économique et qui donne raison à la célèbre maxime : *vouloir c'est pouvoir !*

*MRM (UM, Université de Perpignan Via Domitia, Montpellier Business School)



18
Top modèles

20
Spike, l'espionne
au service du dépistage

22
Une recherche en accéléré

24
Précieuses eaux usées

26
L'Afrique out of corona ?

28
Dans la famille coronavirus, je demande...

COMPRENDRE

Tpp modèles

« **N** ombre de reproduction de base, *R zéro* ». Un terme qui a été sur toutes les lèvres dès le début de l'épidémie de Covid-19 et que vous n'aviez peut-être jamais entendu auparavant. Ce fameux *R0* est le nombre clé d'une discipline qui occupe le devant de la scène depuis quelques mois : l'épidémiologie mathématique.

« *La rencontre des calculs mathématiques et de la santé publique remonte au 18^e siècle* », explique Mircea Sofonea, enseignant-chercheur au laboratoire Maladies infectieuses et vecteurs : écologie, génétique, évolution et contrôle. À cette époque, l'Europe fait face à la variole. Pour combattre cette maladie redoutable, une technique venue d'Asie consiste alors à inoculer à des personnes saines du virus prélevé sur des personnes faiblement malades. Objectif : protéger les patients d'une variole grave. Une méthode assez aléatoire puisque la variolisation – ancêtre de la vaccination – était à l'origine de varioles mortelles chez certains patients.

Développer des modèles

Comment savoir alors si cet acte devait être encouragé pour assurer une protection collective malgré ses victimes collatérales ? « *Il était difficile d'envisager d'inoculer un village entier pour comparer la mortalité avec un autre village non inoculé par exemple, ça n'aurait pas été éthiquement acceptable* », explique le chercheur en épidémiologie et évolution des maladies infectieuses. Seule alternative : développer des modèles. « *C'est-à-dire simplifier la réalité pour répondre à une question scientifique précise.* » Le médecin et mathématicien suisse Daniel Bernoulli développe en 1760 un de ces premiers modèles. En se basant sur l'étude d'équations différentielles, il estime que la variolisation collective entraînerait un gain d'espérance de vie de 3 ans. « *C'est le point de départ de l'épidémiologie mathématique* », raconte Mircea Sofonea.

« *Ces modèles répondent à trois objectifs : comprendre le passé, décrire le présent et éclairer l'avenir* », explique le spécialiste, dont l'équipe a été fortement sollicitée autour de la Covid-19. Pour mieux décrire l'épidémie, les chercheurs estiment le fameux nombre de reproduction de base *R0* qui

reflète le potentiel de propagation d'une maladie. « *Biologiquement, il correspond au nombre moyen de personnes que contamine un individu contagieux. Ce chiffre caractérise la trajectoire de l'épidémie : lorsqu'il est supérieur à 1, l'épidémie se propage, et en deçà elle est sous contrôle* », détaille Mircea Sofonea. Le chercheur et son équipe ont estimé le *R0* en France au début de l'épidémie entre 2,5 et 3,5. D'après leur modèle, le *R0* serait tombé à 0,7 lors du confinement qui a fortement réduit les contacts individuels.

Levier comportemental

« *En l'absence de solution pharmaceutique, le levier comportemental, via notamment la distanciation physique, est la seule arme contre les maladies infectieuses* », explique l'épidémiologiste. C'est en particulier ce qui expliquerait que le *R0* estimé à 3 en Europe en début d'épidémie se serait cantonné à 2 en Asie. « *Cet écart pourrait être dû aux modes de vie et aux différences culturelles : habitudes de salutation, proximité, fréquence de lavage des mains, port du masque spontané.* »

En attendant un traitement, tout est donc axé sur la prévention : « *le délicat objectif est de pouvoir contenir la transmission tout en étant le moins restrictif possible* ». Mais dans quelle mesure ? Pour le savoir, les membres de l'équipe Évolution théorique et expérimentale ont cherché à déterminer le meilleur contrôle à appliquer sur l'épidémie pendant les 100 premières semaines, « *soit le temps estimé pour découvrir et mettre en place un traitement ou un vaccin* ». Ils ont ainsi déterminé une théorie de contrôle optimal. Sa stratégie ? Mettre en place rapidement un contrôle fort pour le relâcher ensuite progressivement. « *Nos modèles suggèrent que cette stratégie permettrait d'endiguer l'épidémie de manière efficace sur la période considérée. Elle donnerait de meilleurs résultats qu'une absence de contrôle mais aussi qu'une stratégie de contrôle strict constant.* »



Comprendre comment une épidémie se développe pour aider à la contrôler, c'est l'apport de l'épidémiologie mathématique. Une discipline plébiscitée dès les prémices de l'épidémie de Covid-19.

Mircea Sofonea, enseignant-chercheur au laboratoire Mivegec*, nous éclaire sur cette approche qui n'a peut-être jamais été autant médiatisée.

Concertation

Ces modèles peuvent-ils dicter les mesures à mettre en place ? « *Il faut être prudent dans leur utilisation et ne pas se baser sur une seule simulation*, répond Mircea Sofonea. *Ces modèles n'ont pas de valeur prédictive au-delà du court terme, mais participent aux outils d'aide à la décision. Et le choix de la stratégie à adopter pour endiguer une épidémie doit être fait en concertation avec d'autres disciplines : l'épidémiologie, la médecine et les sciences humaines et sociales doivent collaborer pour proposer aux politiques les meilleures mesures à mettre en place.* » 

*Mivegec (UM-CNRS-IRD)

Spike

l'espionne au service du dépistage

Et si la solution aux files d'attente qui ne cessent de s'allonger devant les centres de dépistage tenait en un mot : SPIKE ? Cinq lettres qui résonnent comme un nom de code pour désigner une protéine spécifique du virus qui pourrait être la base d'un nouveau test de détection du Sars-Cov-2, plus rapide et plus efficace.

Test PCR ou sérologique ? Prélèvement nasopharyngé, sanguin ou salivaire ? Depuis le début de l'épidémie le dépistage est entré dans nos vies et avec lui, son cortège de questions : délais d'attente, fiabilité, inconfort... « *Les tests employés aujourd'hui ne sont pas optimaux, nous travaillons sur de nouvelles solutions qui nous permettraient non seulement d'augmenter les capacités de tests mais aussi d'améliorer leur sensibilité et leur spécificité* » explique Christophe Hirtz, chercheur au Laboratoire de Biochimie et Protéomique Clinique*.

Spike, une protéine spécifique

Contrairement aux tests PCR - *Polymerase Chain Reaction* en anglais - qui cherchent à détecter la présence du génome du virus, les tests sanguins ou salivaires dits « Elisa » permettent de détecter des protéines spécifiques que l'on trouve en grande quantité sur l'enveloppe du virus. « *L'une d'elle, que nous appelons la protéine Spike, nous intéresse particulièrement car elle présente une séquence spécifique au virus et elle est déterminante pour son entrée dans la cellule. Si on trouve cette séquence c'est que nous sommes face au Sars-Cov-2. On ne peut pas se tromper* » poursuit le chercheur.

Pour détecter cette protéine Spike, Christophe Hirtz et son équipe utilisent la spectrométrie de masse. Un outil analytique permettant de repérer

et d'identifier des molécules par leur masse et de caractériser leur structure chimique. « *La spectrométrie de masse va nous permettre de caractériser la protéine mais également de comprendre l'antigénicité du virus, autrement dit comment notre système immunitaire va reconnaître le virus et déclencher les bons anticorps.* »

Identifier Spike grâce aux anticorps

En effet lorsqu'un virus pénètre dans notre organisme, notre système immunitaire va identifier une protéine qui lui est caractéristique, en l'occurrence Spike, et déclencher la production d'anticorps spécifiques, capables de capturer cette protéine. « *Un anticorps et une protéine fonctionnent un peu comme une clé et une serrure. Si nous identifions l'anticorps capable de capturer la protéine Spike nous pourrions l'utiliser pour détecter la présence du virus et établir ainsi un diagnostic encore plus fiable et rapide.* »

Simple en apparence, l'entreprise n'en est pas moins ardue car de nombreux éléments de « décoration » présents sur la protéine Spike, tels que des sucres par exemple, peuvent intervenir dans la manière dont l'anticorps va la cibler, obligeant ainsi les chercheurs à étendre le travail de caractérisation. « *Notre analyse moléculaire doit être*

extrêmement fine et prendre en compte les différents environnements de la protéine Spike, dans différents échantillons prélevés sur différents types de patients, en réanimation ou non, asymptomatiques ou non », poursuit le chercheur.

Pour collecter ces échantillons, la Plateforme de protéomique clinique a ainsi pu compter sur la collaboration du centre de ressources biologique du CHU qui, depuis le début de l'épidémie, stocke les prélèvements des patients, mais également sur la virothèque de l'Institut Pasteur de Lille, partenaire de l'étude. « *Nous multiplions les sources et les échantillons afin d'obtenir des résultats applicables sinon nous restons dans la science fondamentale*, déclare Christophe Hirtz. *Notre objectif est vraiment d'aboutir à un test diagnostic optimisé.* »

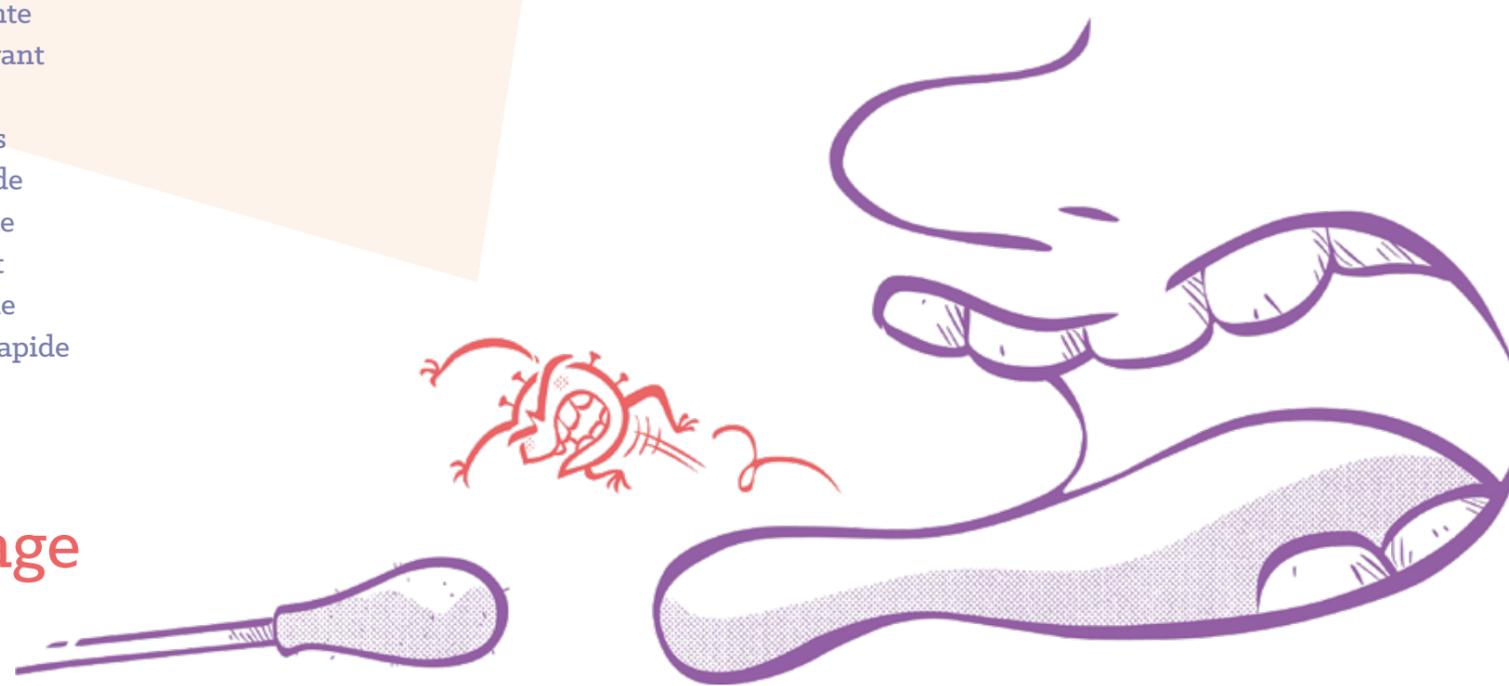
Comprendre la diversité des symptômes

Un test diagnostic et peut-être même davantage, car l'analyse de la protéine Spike dans différents environnements pourrait également permettre de mieux comprendre la diversité des symptômes liés au Sars-Cov-2. « *Nous allons comparer des échantillons issus de patients ayant déclaré une forme extrêmement virulente de la Covid-19 avec d'autres ayant développé une forme plus légère et voir s'il n'existe*

pas des petites différences au niveau de cette protéine Spike qui viendraient expliquer la diversité des cas que nous observons. »

Prévu pour une durée de 18 mois, ce projet porté par Sylvain Lehmann, responsable du LBPC, devrait rapidement dégager des premiers résultats à l'issue desquels les chercheurs pourront établir le profil de l'anticorps capable de cibler la protéine Spike. A partir de là, deux possibilités : « *soit l'anticorps existe déjà sur le marché, car il existe une multitude d'anticorps de synthèse, et la conception du test sera relativement simple à mettre en marche, soit il n'existe pas et il faudra le produire.* » Pour cette ultime phase, les chercheurs de la Plateforme de protéomique clinique se sont assurés la collaboration de la société montpelliéraine IdVet, autre partenaire du projet, « *mais ce ne sera pas le même prix, ni le même temps. Il faut environ six mois pour fabriquer un anticorps purifié* » conclut le chercheur. ^{LL}

*LBPC (UM, Inserm, CHU de Montpellier)



« Notre objectif est vraiment d'aboutir à un test diagnostic optimisé »

Une recherche en accéléré



Comment développe-t-on un traitement lorsqu'on se retrouve face à une maladie infectieuse jusque-là inconnue ?

La première chose à faire, c'est d'identifier l'agent infectieux. Une fois que l'on sait à quelle famille il appartient, on peut établir une liste d'anti-infectieux potentiels. Pour cela on s'intéresse en premier lieu aux molécules qui ont été utilisées dans le traitement d'infections voisines. Pour la Covid-19, infection liée au virus SARS-Cov2, c'était la troisième fois que l'on avait à faire à un coronavirus hautement pathogène, nous avons donc les données des épidémies de SARS-Cov 1 et de MERS-Cov. Cette première étape permet de rechercher un traitement dans l'urgence, mais la Covid-19 est vraiment une nouvelle maladie, complexe, avec une présentation clinique très polymorphe, et nous avons peu de produits connus potentiellement efficaces.

Que fait-on dans ce cas-là ?

Si on ne dispose pas de produits connus, on passe à une stratégie de repositionnement. C'est-à-dire qu'on envisage un médicament déjà utilisé pour traiter une autre maladie. Souvent les molécules thérapeutiques ont plusieurs cibles cellulaires, il arrive donc qu'une molécule évaluée pour une maladie spécifique puisse également être efficace pour une autre. Repositionner un médicament permet de gagner du temps : la molécule a déjà été évaluée en termes de toxicité et de tolérance. Pour la Covid-19, il y a eu une explosion de mises en place d'essais avec des produits de repositionnement, comme par exemple l'hydroxychloroquine initialement utilisée contre le paludisme ou pour soigner certaines maladies auto-immunes inflammatoires comme le lupus ou la polyarthrite rhumatoïde ; le lopinavir/ritonavir utilisé dans l'infection VIH, ou encore le remdésivir, un antiviral à large spectre déjà testé contre le virus Ebola. Lors de la première vague de Covid-19, tous les patients ont été traités avec des produits de repositionnement.

Comment identifie-t-on les bons produits de repositionnement ?

Pour être un bon candidat, la molécule doit réunir plusieurs conditions. Tout d'abord elle doit avoir une activité in vitro contre le virus – en l'occurrence le SARS Cov-2 – c'est-à-dire qu'elle inhibe le virus. Mais il faut aussi qu'elle soit efficace à une concentration tolérable par l'organisme infecté. Si elle est efficace contre le virus seulement à une concentration toxique pour l'homme, ce n'est pas un candidat possible. Elle doit également avoir une pharmacocinétique *ad hoc* – il s'agit du devenir des médicaments dans l'organisme. Par exemple dans le cas de la Covid-19 le virus est présent dans les poumons, il faut donc trouver un antiviral qui atteigne cet organe en quantité suffisante pour être efficace.

Comment fait-on face à une maladie nouvelle ? Identifier l'agent infectieux, comprendre cette maladie et rechercher un traitement efficace... L'apparition de la Covid-19 a représenté un « véritable défi » pour Jacques Reynes*. L'infectiologue décrit une situation « totalement inédite » où « tout s'est conduit en accéléré ». Rencontre avec le chef du service de Maladies infectieuses et tropicales du CHU de Montpellier.

Et après les tests in vitro ?

On procède à une évaluation de la molécule dans un modèle animal. Mais le choix du modèle n'est pas toujours simple, il faut que l'animal soit sensible au virus et qu'il développe la maladie dans une forme relativement similaire à l'Homme. Le remdésivir et l'hydroxychloroquine ont notamment été testés sur des singes macaques rhésus. Ensuite on lance des essais cliniques chez l'Homme. Il y a des produits très prometteurs, qui marchent très bien in vitro, mais se révèlent inefficaces lors des essais cliniques. C'est le cas par exemple de l'hydroxychloroquine pour laquelle les différents essais ont désormais démontré une efficacité minime ou nulle, alors qu'il s'agissait d'un produit de repositionnement logique. Et même une fois que l'on a identifié un candidat efficace, encore faut-il que le médicament puisse être rapidement produit à un coût acceptable. Pour l'instant 6 ou 7 antiviraux ont été testés.

L'inhibition du coronavirus est le principal objectif ?

C'est en un mais ce n'est pas le seul ! Avec la Covid-19, nous n'assistons pas simplement à une maladie virologique. On cherche donc un médicament spécifique contre le virus, mais aussi des médicaments actifs contre les complications de cette infection. Ainsi on peut observer des atteintes pulmonaires graves liées à une inflammation, conséquence d'un orage cytokinique. A ce stade on administre aux patients une corticothérapie et/ou des inhibiteurs de cytokines. Les patients sont également enclins à faire des thromboses vasculaires avec des phénomènes emboliques, justifiant une prévention ou un traitement par anticoagulants. Ce n'est donc pas un seul médicament mais un cocktail de médicaments qui doit être administré, avec un timing précis ! Par exemple la corticothérapie ne doit pas être mise en place en début de maladie, alors que les antiviraux sont vraisemblablement utiles en phase initiale où la multiplication virale est intense. Sans parler de la prise en charge non médicamenteuse : par exemple pour la Covid-19 on s'est aperçu qu'il valait mieux mettre les patients en réanimation en décubitus ventral, c'est-à-dire sur le ventre.

Est-ce que tout ce parcours pour mettre au point un traitement de la Covid-19 a été habituel ?

Ce n'est pas le parcours qui a été inhabituel, mais l'enchaînement rapide des étapes, tout s'est accéléré ! Il y a eu un vrai changement d'échelle temporelle par rapport aux autres épidémies, c'est totalement inédit. Pendant le premier mois de l'épidémie on a appris tous les jours à mieux comprendre cette maladie ! Les études ont été mises en place en un temps record, ce qui prend 3 à 6 mois habituellement a été réalisé en 15 jours. C'est la première fois de ma carrière que j'assiste à une telle situation, et c'est un véritable défi nécessitant une grande réactivité ! 

* UMR TransVIHMI (UM, IRD, INSERM U1175, Université Cheik Anta Diop (Dakar, Sénégal), Université Yaoundé 1 (Cameroun))



Suivre l'épidémie de Covid-19 grâce... aux eaux usées.
Un indicateur précieux qui renseigne sur le niveau de circulation du virus mais pourrait bien aussi permettre d'anticiper un éventuel rebond de l'épidémie.

Précieuses eaux usées

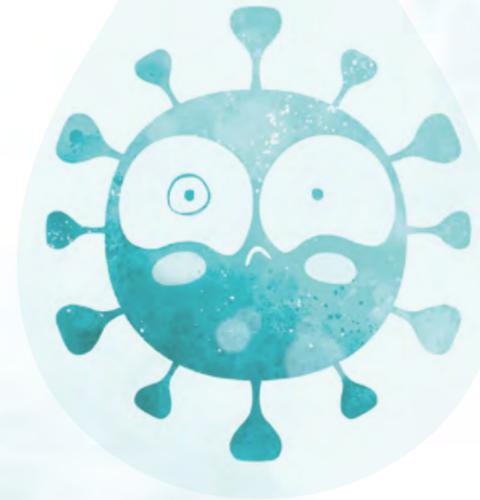
Surveiller le niveau de circulation du coronavirus pour mieux anticiper d'éventuelles résurgences. C'est un enjeu majeur dans la gestion de la pandémie de Covid-19. Nombre de tests positifs, passages aux urgences pour suspicion de Covid-19, nombre de patients en réanimation... des indicateurs suivis de très près pour évaluer la circulation du coronavirus. Mais il en existe un autre, peut-être moins connu mais non moins précieux : la présence de résidus du virus dans les eaux usées.

« La détection du SARS-Cov-2 dans les eaux usées se fait dans de nombreux pays, elle a notamment été mise en place à Paris au début de l'épidémie, alors pourquoi pas ici ? » Pour combler ce vide, Franz Durandet, président de la start-up IAGE spécialisée dans l'analyse biologique environnementale, et Pierre Becquart, chercheur au laboratoire Mivegec*, se sont rapprochés du syndicat mixte du bassin de Thau. Objectif : mettre en place ces analyses microbiologiques des eaux usées dans la région. Le principe ? Collecter des eaux usées en amont des stations d'épuration pour y traquer le coronavirus. « Nous mesurons en fait la quantité d'acides nucléiques inactivés du SARS-Cov-2 en utilisant une technologie extrêmement fiable : la digital PCR », précise Franz Durandet.

Dépistage collectif

Comment le coronavirus parvient-il dans les eaux usées ? « Il est excrété dans les matières fécales des patients qui sont infectés. Sa présence dans les eaux usées est donc corrélée au niveau de circulation du virus dans la population », précise Pierre Becquart. Une mesure d'autant plus intéressante qu'elle concerne toute la population sur la zone concernée. « Même si on pratique des tests pour identifier les porteurs du virus, on ne peut pas tester tout le monde, et on dépiste surtout ceux qui ont des symptômes. En revanche tout le monde va aux toilettes, donc les eaux usées reflètent en partie l'état de santé de l'ensemble de la population, c'est une sorte de dépistage massif collectif », image le chercheur.

La quantité de résidus de coronavirus dans les eaux usées permettrait-elle de déterminer le nombre de personnes infectées dans la population ? « Nous ne pouvons pas faire cette extrapolation », répond Franz Durandet, en revanche l'évolution de la quantité de coronavirus détectée est très bien corrélée à l'évolution de l'épidémie, par exemple fin mai nous ne détectons quasiment plus de résidus dans nos prélèvements, cette mesure représente donc un indicateur fiable qui donne une tendance de la situation.»



Anticiper

Un indicateur fiable qui possède un autre atout majeur : sa précocité. « Le virus est excrété avant même l'apparition des premiers symptômes, souligne Pierre Becquart, si l'on constate une hausse des résidus de virus dans les eaux usées, on peut donc alerter sur une éventuelle hausse à venir du nombre de cas qui vont devoir être pris en charge par le système de santé. »

Mieux prédire pour permettre d'anticiper, un enjeu majeur de la gestion de la pandémie de Covid-19. Dans un communiqué daté du 7 juillet, l'Académie nationale de médecine souligne ainsi que l'analyse microbiologique des eaux usées peut jouer un rôle stratégique dans la surveillance prospective et régulière de la circulation du virus et recommande même de rendre cette surveillance systématique tant que le virus circulera dans la population.

Une technique qui pourrait d'ailleurs devenir un outil de surveillance épidémiologique étendu : « sur un seul prélèvement nous pouvons détecter plusieurs types de virus différents, nous pourrions donc surveiller simultanément l'évolution de plusieurs épidémies », explique Franz Durandet. Une idée partagée par l'Académie nationale de médecine qui recommande désormais d'étendre cette surveillance systématique à d'autres virus tels que le myxovirus, le rotavirus ou encore le virus respiratoire syncytial. Du neuf en perspective dans les eaux usées.

Du liquide en banque

Quand le coronavirus a-t-il fait son apparition ? La réponse à cette question peut elle aussi être apportée par les eaux usées. « Certains pays comme les États-Unis, l'Espagne ou l'Italie ont des banques d'eaux usées : des prélèvements sont effectués chaque mois et sont congelés, ce qui permet de les analyser ultérieurement », explique Franz Durandet. En se penchant sur les échantillons de cette collection on s'est ainsi aperçu que les résidus du SARS-Cov-2 étaient présents à Barcelone dès le mois de mars 2019. L'Académie nationale de médecine recommande d'ailleurs à son tour de constituer une banque de prélèvement permettant rétrospectivement de détecter tout nouveau virus ou agent pathogène qui apparaîtrait dans la population, en fixant ainsi le début de l'épidémie.

* Maladies infectieuses et vecteurs : écologie, génétique, évolution et contrôle (UM - CNRS - IRD)



Fresques murales de prévention de la Covid-19
© IRD - Bernard Tavernier

L'Afrique out of



✓ Mais que se passe-t-il en Afrique ? C'est pour répondre à cette question qu'un test sérologique adapté au contexte africain est en cours de déploiement dans six pays. Objectif : mieux connaître la diffusion du virus sur un continent apparemment moins touché que l'Occident par la mortalité liée au coronavirus et limiter ainsi les effets délétères d'une riposte mal adaptée.



En Afrique l'épidémie de Covid-19 a débuté deux ou trois semaines après celle qui a frappé l'Europe. « Nous pouvions craindre le pire, pourtant, à l'exception de quelques pays comme l'Afrique du Sud, nous n'avons pas vu le tsunami d'hospitalisations graves et de formes mortelles observées en Occident » rapporte Eric Delaporte, chercheur au laboratoire TransVIHMI* et médecin spécialiste des maladies infectieuses au CHU de Montpellier. Comment expliquer cette différence ? C'est tout l'enjeu du projet ARIACOV mené par TransVIHMI et piloté par ce médecin habitué au terrain africain où il a notamment suivi les épidémies de Sida et d'Ebola.

Tester les coronavirus en général

Beaucoup de facteurs peuvent venir expliquer cette moindre mortalité liée à la Covid en Afrique, au premier rang desquels la démographie et la jeunesse d'une population forcément moins concernée par les formes graves de la maladie. D'autres facteurs, notamment environnementaux, peuvent intervenir mais, comme le souligne Eric Delaporte, « en raison d'une faible capacité de diagnostic dans ces pays, la première question est de savoir si oui ou non le virus diffuse et quelle est l'importance de cette diffusion dans la population afin d'évaluer la dynamique de l'épidémie », explique le coordinateur de la Task Force COVID Sud (ANRS, REACTing/Inserm,IRD).

Pour répondre à cette première interrogation une grande enquête épidémiologique a donc été lancée dans les six pays partenaires à savoir : le Sénégal, le Ghana, la Guinée, le Cameroun, le Bénin et la République démocratique du Congo. Pour effectuer ces campagnes de dépistage, un test sérologique spécifiquement adapté au contexte africain a été mis au point. Sa particularité ? Il contient les marqueurs de différents coronavirus et pas seulement celui du SARS-CoV-2. « L'objectif est de pouvoir différencier les personnes ayant été atteintes par le SRAS ou le MERS mais également d'ajouter les marqueurs des coronavirus hivernaux et des coronavirus présents dans la faune africaine [lire La chauve-souris sous les radars p.34] » détaille le chercheur.

Pourquoi rechercher la présence d'une contamination par des coronavirus, certes présents dans la faune mais n'ayant jamais déclenché de maladie chez l'homme ? « Parce que l'homme peut tout à fait avoir rencontré ces coronavirus sans avoir développé de maladie ou de symptômes mais en ayant développé des anticorps ». Cette rencontre pourrait être à l'origine d'un phénomène d'immunité croisée et expliquer ainsi la faible diffusion du virus grâce à une sorte de semi-protection. « Ce n'est qu'une hypothèse mais elle doit être étudiée » affirme Eric Delaporte.

Adapter la réponse à l'épidémie réelle

Plusieurs enquêtes seront menées dans les différents pays, auprès d'un échantillon minimum de 1 500 personnes pour chacune d'elles et renouvelées si possible tous les deux mois afin d'évaluer la dynamique de l'épidémie. Une évaluation indispensable que le projet associe à un volet portant sur l'analyse sociologique de l'impact de l'épidémie et du confinement sur les systèmes de santé et sur les sociétés en général. Car en Afrique, plus encore qu'en Occident, les effets secondaires de ces mesures de protection peuvent se révéler plus graves que le virus lui-même.

« Aujourd'hui en Afrique on vaccine moins, l'accès aux traitements antirétroviraux ou antituberculeux est plus compliqué » explique Eric Delaporte. En cause, la peur d'être contaminé en se rendant dans les centres de santé mais également la fermeture des frontières et les restrictions aériennes liées au confinement. « La plupart des médicaments sont des génériques fabriqués en Inde. On peut craindre des ruptures de stock et l'OMS a estimé qu'une rupture d'accès aux antirétroviraux de plus de six mois occasionnerait plusieurs centaines de milliers de morts du Sida en plus » prévient le médecin. Sans parler des conséquences d'un confinement sur l'accès à la nourriture dans des pays où une part non négligeable de la population vit au jour le jour.

Des écueils auxquels se heurtent déjà les scientifiques de TransVIHMI pour envoyer en Afrique les réactifs nécessaires aux tests sérologiques. En cause, la

préemption de lots par les pays occidentaux fournisseurs, confrontés à la gestion de leur propre urgence. Une situation nouvelle pour Eric Delaporte : « L'épidémie de Covid est mondiale contrairement à celles que nous voyons habituellement en Afrique. Il faut veiller à ce que l'urgence des pays du Nord ne soit pas gérée au détriment de l'Afrique qui pourrait alors passer après le reste du monde. » ¹¹

* UMR TransVIHMI (UM, IRD, INSERM U1175, Université Cheik Anta Diop (Dakar, Sénégal), Université Yaoundé 1 (Cameroun))

Comment savons-nous que le SARS-CoV-2 descend du même « ancêtre » coronavirus que celui de la chauve-souris ? Grâce à la phylogénie. Une science capable de retracer, et parfois prévoir, les différentes étapes de l'évolution d'un virus. Explication avec le chercheur Stéphane Guindon, créateur du logiciel PhyML.



Dans la famille coronavirus, je demande...

Avec l'émergence de la Covid-19, le logiciel de bio-informatique PhyML, utilisé pour suivre des épidémies virales plus classiques telle que la grippe saisonnière, tourne à plein régime. « *Le logiciel évolue en permanence, nous implémentons des algorithmes pour aller plus vite, traiter de plus en plus de jeux de données et développer des fonctionnalités nouvelles...* » explique Stéphane Guindon, chercheur au Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier* et concepteur du logiciel.

Tracer l'origine

Un logiciel capable de retracer la généalogie, ou phylogénie, de tout organisme pourvu d'un ADN. « *Un arbre phylogénétique c'est un peu l'équivalent de l'arbre généalogique qui permet de retracer les liens de parenté entre individus issus d'une même famille. Cette "généalogie" est reconstruite ici en comparant les génomes de différentes espèces.* » Le génome d'un virus est constitué de plus de 30 000 « briques chimiques », des nucléotides, qu'il faut donc analyser pour reconstituer l'itinéraire du virus et retracer ce qu'on appelle une « chaîne de transmission ».

Des séquences d'ARN - un ADN modifié - du SARS-CoV-2 ont ainsi été comparées par le logiciel à toutes celles contenues dans les bases de données existantes et ont permis d'établir un lien de proximité fort avec un virus présent chez la chauve-souris et le pangolin. L'analyse de ces séquences a également permis de déterminer que l'épidémie actuelle n'avait eu pour point de départ qu'un seul événement de zoonose, autrement dit qu'un seul cas de transfert animal-homme. « *S'il y avait eu plusieurs événements l'arbre du virus n'aurait pas la même forme, il présenterait plusieurs sous-arbres, chacun correspondant à un transfert d'une souche virale de l'animal à l'homme.* »

Suivre et prévoir l'évolution du virus

La phylogénie a permis de répondre à d'autres questions importantes concernant l'épidémie en analysant notamment le lien entre la diversité des séquences virales et le nombre de virus en circulation. « *Dès le début du mois de mars, les analyses phylogénétiques mesurant la diversité génétique nous ont indiqué que la taille de population du virus doublait tous les 5 à 7 jours* » précise le chercheur. Les analyses phylogénétiques par PhyML pourraient également permettre de mieux prévoir l'évolution du SARS-CoV-2 sur le long cours. Par exemple, chaque année la phylogénie aide à déterminer quelles souches du virus de la grippe sont les plus susceptibles de se développer l'hiver suivant, contribuant ainsi à la conception de vaccins efficaces.

*Lirmm (UM - CNRS)

350 000 heures de calcul par an

Développé en 2003 par Stéphane Guindon, PhyML a été parmi les premiers logiciels gratuits et accessibles via la plateforme de bio-informatique hébergée par le Lirmm. « *Nous mettons nos serveurs à disposition des laboratoires de recherche car ces analyses phylogénétiques sont très gourmandes en temps de calcul. Certaines peuvent durer des heures, des jours, voire des semaines.* » Chaque année la plateforme réalise ainsi environ 350 000 heures de calcul pour des laboratoires situés en France mais aussi et surtout dans toute l'Europe, en Chine et aux États-Unis...



30

In the Mood for CoV

32

Pandémie plastique : un faux pas en arrière

34

La chauve-souris sous les radars

36

« Si on ne change pas, ça recommencera »

DEMAIN



Améliorer la veille sanitaire mondiale et accélérer le processus de décision en offrant aux agences de santé les outils d'intelligence épidémique adaptés, tel est l'enjeu de Mood. Un projet européen lancé en janvier qui n'aurait pas pu tomber plus au pic.

Réseaux sociaux, l'arme de prévention massive

Anticiper le niveau de transmission locale grâce à l'analyse des réseaux sociaux, telle est l'ambition du projet DigEpi, pour « épidémiologie digitale », financé par l'agence nationale de la recherche et la région Occitanie. Le principe est simple : analyser le discours des gens sur les réseaux sociaux, en particulier Twitter, en soumettant à des algorithmes des mots clés tels que : Covid-19, hydroxychloroquine ou confinement. « Nous observons ensuite comment ces thématiques fluctuent et nous comparons ces courbes avec les modèles mathématiques des contaminations réelles dans le but d'anticiper un éventuel pic de contamination » explique Benjamin Roche, directeur de recherche à l'IRD.

Ces analyses fournissent également aux anthropologues mobilisés sur ce projet des indications précieuses sur la dynamique des sentiments exprimés par la population. Elles permettent également de caractériser les comportements et les réactions du public face aux mesures prises. « Les gens vont-ils s'isoler, sortir, porter le masque, colporter des rumeurs, ou se renseigner sur les traitements ? Tous ces éléments nous permettent de mieux comprendre la perception que le public a des différentes mesures » précise l'épidémiologiste. Débutée en avril dans 4 grandes villes françaises dont Montpellier, cette étude durera 18 mois avant d'être éventuellement étendue à tous les départements français ainsi qu'au Mexique.



In the Mood for CoV

Si le temps de la science n'est pas celui de l'actualité, il arrive parfois qu'ils se télescopent de façon pour le moins brutale. Imaginé dans un monde où la Covid-19 n'existait pas encore, le projet Mood (Monitoring outbreaks for disease surveillance in a data science context), qui rassemble 25 partenaires dans 12 pays européens et aux USA, vise à évaluer et prioriser les besoins des agences de santé pour co-construire de nouveaux outils d'intelligence épidémique. Objectif : améliorer la détection précoce des agents pathogènes émergents et permettre aux gestionnaires de santé de réagir le plus rapidement possible.

Lancé en janvier dernier, le projet est devenu - par la force des choses - une expérimentation grandeur nature. « Avec l'arrivée de la Covid, la Commission européenne nous a demandé très rapidement de redéployer les moyens pour faire face aux besoins immédiats des agences », explique Renaud Lancelot, chercheur au laboratoire Astre* et coordinateur scientifique du projet. L'agence européenne de prévention et de contrôle des maladies (ECDC), basée à Stockholm, était notre interlocutrice principale pendant cette période. »

Une question de temps

Parce qu'en période de crise tout est question de temps, l'équipe coordonnée par Renaud Lancelot a effectué le travail de recherche, de collecte et d'analyse que les agences de santé, saturées, ne pouvaient mener. « On nous a notamment demandé de travailler sur les mobilités humaines, de mettre à disposition des agences, des cartes, des séries chrono-

logiques représentant ces mobilités afin de les intégrer dans les modèles de diffusion de l'épidémie » et donc, de tester les différents scénarios de contrôle et de surveillance de la pandémie, au premier rang desquels on trouve le confinement.

Autre objet de mobilisation pour le consortium Mood : l'analyse et l'évaluation des données produites par ces mêmes agences. L'ECDC a ainsi réalisé une série chronologique des cas de mortalité survenus en Europe et dans le monde. Un travail unanimement salué, que les agences n'ont, paradoxalement, pas pu analyser faute de temps et de moyens. « Nous avons synthétisé cette série sous forme de tableau de bord pour que les données collectées par l'ECDC soient utilisables par l'agence et pour que la prise de décision se base sur les informations les plus récentes possible. »

Détecter les signaux faibles

Mood propose également d'améliorer la détection des signaux faibles d'un début d'épidémie. « Ces signaux doivent correspondre à un danger potentiel avéré », précise Renaud Lancelot. Pour la Covid, il y a déjà eu plusieurs émergences de coronavirus donc on sait que cela peut donner lieu à un épisode pandémique majeur. »

Dans cette traque des signaux faibles, tous les coups sont permis. « Nous utilisons tous les moyens disponibles pour détecter des risques sanitaires parmi toutes les informations accessibles », explique l'épidémiologiste. Si on veut faire un parallèle, l'intelligence épidémique, c'est un peu de l'espionnage. » Si les

chercheurs s'appuient sur les rapports officiels produits par les agences, ils ne négligent pas non plus les informations non officielles : analyse des réseaux sociaux (voir encadré), rumeurs, signes non spécifiques... Et là encore, tout est une question d'outils.

Génération de flux sécurisés pour la collecte des données, création de cartes et de tableaux dynamiques pour en suivre l'évolution, développement de logiciels de fouille de texte et d'applications pour smartphone... La palette pour estimer la probabilité d'apparition d'un virus est variée, pour autant, et comme le souligne Renaud Lancelot, seule leur appropriation par les agences de santé et la mise en place d'un circuit court d'information pourront avoir un véritable impact sur la santé publique. « C'est tout l'intérêt d'investir dans les approches fondamentales, d'avoir les outils, les méthodes et les réseaux déjà existants, car quand la crise survient, il n'est plus question d'improviser. »

*UMR ASTRE Animal - Santé - Territoires - Risques - Écosystèmes (Cirad - Inrae)

« L'intelligence épidémique, c'est un peu de l'espionnage »



La timide vague de « déplastification » amorcée depuis quelques années a été submergée par une autre vague : celle de l'épidémie de Covid-19. Le plastique fait un retour en force en pleine crise sanitaire, occasionnant un rebond inquiétant du flot de nos déchets de polymères synthétiques en tous genres.

Pandémie plastique

un faux pas en arrière

C'est un des effets secondaires regrettables de la pandémie de Covid-19 : le grand retour du plastique. Partout. Dans les fast-food et les cantines où les gobelets réutilisables et les verres ont fait place à du jetable. Dans les magasins où les sacs plastiques reviennent en force à la caisse. Dans les commerces qui voient fleurir des écrans de protection. Dans les « drives » et leurs courses suremballées. Dans les milliers de flacons de gel hydro-alcoolique qui font fureur. Et surtout sur nos visages couverts de ces fameux masques jetables en microfibre de polypropylène, résine plastique par excellence.

Désintoxication

Pourquoi la crise sanitaire a-t-elle mis un coup d'arrêt à la timide cure de désintoxication au plastique engagée auparavant ? « C'est la peur qui est le principal moteur de ce soudain engouement pour le tout-plastique », explique Nathalie Gontard, chercheuse au laboratoire Ingénierie des agropolymères et technologies émergentes*. La peur ? Celle d'être contaminé par le coronavirus. « Parce qu'il est jetable, le plastique apparaît comme plus sûr aux yeux des gens, il s'impose comme le matériau hygiénique qui sauve des vies en évitant les contaminations dues à la réutilisation. »

Une réputation pourtant bien indue. « Le virus persiste plusieurs heures à plusieurs jours sur toutes les surfaces », explique Valérie Guillard*. Un coronavirus persisterait même bien plus longtemps sur le plastique

que sur le verre ou le métal. Il resterait également plus longtemps sur une blouse jetable en microfibres de polypropylène que sur une blouse en coton ou une surface en papier », complète la spécialiste des polymères.

Même les masques jetables ne seraient pas aussi incontournables qu'on peut le penser : « les masques constitués de fibres naturelles de type coton, flanelle, soie ou chanvre présentent des capacités filtrantes tout aussi performantes qu'un masque chirurgical en fibres synthétiques, ils piègent au moins 80 % des particules d'une taille moyenne de 60 nanomètres grâce à un effet combiné de filtration physique et d'effet électrostatique », explique Nathalie Gontard. Selon les spécialistes, les performances d'un masque, quelle que soit la nature de ses fibres pourvu qu'elles soient suffisamment denses, sont surtout liées à son ajustement aux contours du visage.

Enjeux économiques

Le plastique, pas si fantastique. Et pourtant cette illusion de sécurité sanitaire représente une incroyable opportunité pour les industriels du secteur qui se sont engouffrés dans la brèche sans attendre. « Les enjeux économiques sont tels que certains fabricants n'hésitent pas à surfer sur la vague anxieuse liée à la crise sanitaire pour braver les interdictions et relancer leurs affaires », déplore Nathalie Gontard. Dès le 8 avril dernier, l'EuPC, lobby des transformateurs de plastique européens, a demandé à la Commission européenne un report de la directive européenne adoptée en 2019 qui interdit la mise sur le marché de plusieurs produits en plastique à usage unique. « Demande heureusement rejetée ».

Et pourtant le boom du plastique est d'ores et déjà bien visible. En témoigne la hausse des déchets à traiter qui a notamment été constatée en Espagne depuis le début de l'épidémie. Un vrai risque non seulement pour l'environnement mais aussi pour la santé comme l'expliquent les chercheuses : « le plastique persiste jusqu'à plusieurs siècles dans notre environnement sous la forme de micro puis de nano-particules : les microfibres de plastique se délitent, se fragmentent, se multiplient, diffusent dans notre environnement, se chargent en polluants et

finissent par contaminer notre chaîne alimentaire et menacer le bon fonctionnement des organes de tous les êtres vivants ».

Le remède pire que le mal

Les microfibres de nos masques ont donc toutes les chances de finir dans nos assiettes ou celles de nos petits-enfants. « Il faudrait inscrire sur ces masques jetables en polymères synthétiques "nuit gravement à la santé de nos petits-enfants", tempête Nathalie Gontard. Le lavage d'un masque en fibres naturelles reste la forme de recyclage la plus efficace pour l'élimination du virus, la plus économique et la moins dommageable pour l'environnement » complète Valérie Guillard.

Et s'agissant de la Covid-19, l'usage effréné de masques en plastique pourrait bien indirectement faire le lit de l'épidémie... Comment ? « De nombreuses études pointent du doigt le fait que la transmission du virus pourrait être liée à la pollution aux particules fines de l'air, celles-là mêmes qui proviennent en partie de la dégradation des films et fibres plastiques et donc des masques en polypropylène », explique la spécialiste qui dénonce un remède qui risque fort de devenir pire que le mal.

Pour les deux chercheuses, il est urgent de « déplastiquer » nos modes de vie. « Il faut réserver l'usage du plastique aux secteurs où il est incontournable. Partout où il existe des alternatives sans plastique, il faut les adopter. Cela permettrait de limiter au strict



minimum notre recours au plastique », conseille Valérie Guillard. Adopter les alternatives, mais aussi tout simplement limiter notre consommation. « Il y a beaucoup d'objets – souvent en plastique – dont on pourrait avantageusement se passer, complète Nathalie Gontard. Ce confinement a été pour beaucoup d'entre nous une occasion de réfléchir à nos modes de vie et à nos valeurs, on peut espérer qu'il va persister chez chacun des traces de ce questionnement... ». Qui calmeront notre engouement pour les objets en plastique et éviteront dans l'environnement leurs traces, indélébiles celles-là. 

* IATE (UM, INRAE, CIRAD, Institut Agro-Montpellier SupAgro)

La chauve-souris sous les radars



Les chauves-souris représentent 20 % des mammifères dans le monde © Innocent Ndong (CREMER-IRD, Yaounde, Cameroun)

Quel est le point commun entre la Covid-19, la rage et Ebola ? « Pour chacune de ces maladies, le réservoir naturel du virus est la chauve-souris », explique Martine Peeters. Lorsqu'on remonte la piste d'une maladie émergente infectieuse, on tombe très souvent sur ce petit mammifère », précise la virologue du laboratoire Recherches translationnelles sur le VIH et les maladies infectieuses*. Mais pourquoi la chauve-souris ? « Elle représente 20 % des mammifères dans le monde, donc lorsqu'on cherche l'origine d'une zoonose, on a une chance sur cinq que ce soit la chauve-souris », explique la chercheuse.

Réservoirs viraux volants

Présents sur tous les continents – excepté l'Antarctique – ces myriades de chiroptères sont de véritables réservoirs viraux volants. Des milliers de virus ont en effet été identifiés chez les

chauves-souris, dans 28 familles virales distinctes. Dont la famille des coronavirus. « La plupart du temps l'infection par ces virus est asymptomatique chez la chauve-souris, donc l'animal ne va pas mourir de la maladie et peut ainsi disséminer le virus plus efficacement », explique Martine Peeters. Et, seul mammifère volant, la chauve-souris peut se déplacer rapidement et sur de longues distances. « Il y a donc davantage de risques qu'elle transmette les virus dont elle est porteuse à d'autres espèces ». Dont l'Homme.

« Pour la seule famille des coronavirus, 7 virus ont déjà été identifiés qui sont passés de la chauve-souris à l'Homme ». Si 4 entraînent de simples rhumes, les 3 autres sont responsables du syndrome respiratoire du moyen-orient (MERS-Cov) et des syndromes respiratoires aigus sévères dus aux SARS Cov-1 et SARS Cov-2, le fameux coronavirus responsable de la pandémie de Covid-19. Comment ces virus ont-ils fait le grand saut de la chauve-souris à l'Homme ? « Ce passage inter-espèce peut se faire via un hôte intermédiaire ou de façon directe », répond Martine Peeters. Les contacts entre les humains et les chiroptères sont en effet très fréquents :

« la chauve-souris est chassée pour être mangée ou pour fabriquer des remèdes traditionnels, les enfants jouent avec ces animaux, leur guano est utilisé pour les cultures, les fruits consommés par l'Homme sont parfois contaminés par la salive, l'urine ou les fèces de chauves-souris... », détaille la virologue. Et la destruction de l'habitat naturel des chauves-souris ne fait qu'augmenter le risque de transmission inter-espèce (lire page 36).

10 000 chauves-souris

Cette liste des 7 coronavirus d'ores et déjà passés chez l'Homme a donc toutes les chances de s'allonger dans un futur proche. « Pour anticiper cette éventualité il est important de mieux connaître la diversité des coronavirus qui circulent chez les chauves-souris », explique Martine Peeters. Accompagnée du chercheur guinéen Alpha Keita, la virologue souhaite documenter la prévalence, la diversité génétique et la distribution géographique des coronavirus chez les chauves-souris sauvages en Afrique. Objectif : évaluer le risque de futures transmissions zoonotiques.

Les chercheurs disposent déjà d'échantillons de sang, de salive et de fèces prélevés en Guinée, au Cameroun et en République Démocratique du Congo sur plus de 10 000 chauves-souris. Grâce à ce nouveau projet, ils vont pouvoir passer au crible ces échantillons pour étudier la présence d'ARN viral ou d'anticorps dirigés contre les coronavirus et estimer ainsi leur prévalence. Autre objectif : étudier la saisonnalité de ces virus. « Si certains coronavirus ont une expression saisonnière, il se peut que nous ne les retrouvions pas sur des

▼ Mieux connaître les coronavirus présents chez les chauves-souris pour mieux prévenir, anticiper et faire face à une possible nouvelle zoonose. C'est l'objectif du projet porté par la virologue Martine Peeters. Explications.

prélèvements ponctuels. Mais nous avons effectué un suivi mensuel pendant un an, nous allons donc pouvoir chercher la présence de virus sur chaque prélèvement et déterminer la saisonnalité éventuelle. »

Diminuer le risque de transmission

Une information précieuse pour les chercheurs : « en cas de saisonnalité on pourra connaître les moments où l'excrétion virale est la plus importante et déterminer ainsi la période la plus à risque de transmission zoonotique », précise la virologue. Cette connaissance plus détaillée des coronavirus présents chez les chauves-souris permettrait ainsi de diminuer le risque de transmission, mais aussi d'identifier plus rapidement l'agent responsable en cas de nouvelle zoonose « notamment grâce à des outils diagnostics ciblés ». Et si ce scénario épidémique se reproduisait, les résultats de ce projet inédit offrirait l'espoir de développer plus rapidement un traitement ou un vaccin. « On pourrait par exemple œuvrer à la mise au point d'un vaccin à large spectre. On connaîtra aussi mieux les cibles des médicaments anti-viraux potentiellement efficaces contre ces coronavirus, pour identifier ou développer des traitements efficaces ».

Des outils dont tous espèrent cependant ne pas avoir besoin. « L'essentiel pour limiter le risque de nouvelle zoonose, c'est encore de limiter les contacts entre l'Homme et la nature sauvage ». Chacun chez soi et les coronavirus seront bien gardés. 

* UMR TransVIHMI (UM, IRD, INSERM U1175, Université Cheik Anta Diop (Dakar, Sénégal), Université Yaoundé 1 (Cameroun))



« Si on ne change pas, ça recommencera »



« **Totalement prévisible** ». C'est ainsi que Serge Morand* caractérise la pandémie de Covid-19. Et c'est une bonne nouvelle : cela signifie que l'on sait comment limiter le risque d'épidémies futures. Explications de l'écologue et biologiste de l'évolution de l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier.

Vous évoquez un lien direct entre la baisse de la biodiversité et l'augmentation des épidémies, comment l'expliquer ?

On considère souvent la baisse de biodiversité comme une crise écologique, mais en réalité c'est également une crise sanitaire. En effet, quand la biodiversité est importante, il y a une grande diversité de pathogènes potentiels comme les virus, mais ils circulent à bas bruit, cela signifie qu'ils se transmettent d'une façon moyennement efficace et ont peu de probabilité de finir par infecter l'Homme. En revanche lorsque la biodiversité chute, cela favorise les contacts entre les virus de la faune sauvage et l'être humain, augmentant ainsi le risque de transmission de maladies.

Comment ces contacts ont-ils lieu ?

La baisse de biodiversité est imputable aux activités humaines : urbanisation, exploitation des ressources et surtout agriculture et élevage industriels sont responsables de déforestation et de destruction d'habitats naturels. Des prédateurs peuvent disparaître, ce qui dérégule tout l'équilibre des écosystèmes et peut favoriser l'émergence de pathogènes. Mais surtout ces activités provoquent un rapprochement entre des espèces qui ne se seraient jamais croisées dans la nature : les animaux sauvages et les animaux domestiques ou d'élevage. Nous créons ainsi de nouvelles interfaces propices à la propagation de virus. Un exemple emblématique est celui du virus Nipah qui a frappé la Malaisie en 1998. Il est apparu quand

des chauves-souris, chassées de leur habitat par l'exploitation de l'huile de palme, se sont mises à côtoyer des élevages de cochons qui, une fois infectés ont été consommés par l'homme. S'agissant du coronavirus nous sommes certains désormais qu'il vient lui aussi d'une chauve-souris, mais l'hôte dit « intermédiaire », celui qui a permis au virus d'acquiescer les déterminants génétiques nécessaires pour pouvoir infecter l'homme, n'est pas encore connu.

Est-ce qu'il y a de plus en plus d'épidémies nouvelles ?

Oui, au niveau mondial, le nombre d'épidémies a été multiplié par plus de dix entre 1940 et aujourd'hui. Non seulement il y en a davantage, mais surtout elles se



Paysage de savane près de Tontouta. La savane est une formation végétale de substitution car elle provient souvent de la déforestation, du défrichement, et elle est entretenue par les feux.
© IRD - Jean-Christophe Gay

globalisent et ne reste plus cantonnées dans le pays où elles ont émergé. Depuis les années 1960 nous sommes face à une grande accélération. En cause : l'intensification des échanges. En cinquante ans le trafic aérien a augmenté de 1 300 % ! Et dans le même temps le tourisme a flambé, + 5 600 %. La Covid-19 est une maladie propagée par les voyages internationaux. Cette pandémie était totalement prévisible, toutes les conditions étaient réunies pour qu'une maladie infectieuse émergente de ce type se propage à grande vitesse sur la planète.

Si nous pouvions prévoir cette pandémie, comment se prémunir des suivantes ?

C'est toute notre manière d'appréhender les écosystèmes qui doit être modifiée, à commencer par notre système agro-alimentaire global. L'élevage intensif est emblématique : le poids total des bovins sur la planète est plus élevé que le poids total des humains ! Pour nourrir tous ces animaux on déforeste des régions immenses afin de produire du soja ou du maïs ce qui détruit des habitats naturels et encourage les monocultures intensives.

Or justement il faudrait renoncer à ces paysages unifonctionnels au profit d'environnements mosaïques non spécialisés. Il faut recréer des territoires multifonctionnels. Il faut aller vers une agroécologie et une agronomie plus territorialisées, ce qui implique également de redonner une autonomie aux territoires. Pour y parvenir c'est toute la politique agricole commune qui doit être refondue, il faudrait commencer par renégocier la dette des agricultures pour repartir vers de l'agroécologie.

Il faudrait donc transformer en profondeur notre système agro-alimentaire ?

Oui, mais pas uniquement. Il y a vraiment des changements forts à faire : il faut démondialiser nos économies, réduire la mobilité, relocaliser les activités économiques. Il faut aller vers moins de tourisme et du tourisme plus durable, il faut consommer local. La crise du coronavirus a entraîné une vraie prise de conscience de la nécessité de changer, c'est un moment vraiment intéressant pour tous les acteurs de l'agronomie, l'écologie forestière, l'agroécologie,

l'économie locale et circulaire. C'est un véritable défi pour les nouvelles générations d'étudiants, et il faut leur laisser les coudées franches pour le relever et leur faire confiance. Ces changements, tout le monde va y gagner : la biodiversité, le climat, les agriculteurs, mais aussi notre santé et notre bien-être. De toute façon nous n'avons pas d'autre choix que de prendre ce virage là : si on ne change pas, ça recommencera, inévitablement. 

*Isem (UM - CNRS - IRD - EPHE)

Eva, 9 ans



Mon chien ou mon chat peut-il être contaminé par le coronavirus ?

Très bonne question. Oui, les animaux domestiques peuvent être contaminés par le coronavirus. Les scientifiques ont en effet montré plusieurs cas de chiens et chats qui ont été infectés par leurs propriétaires. Les scientifiques ont également identifié d'autres animaux infectés par les humains comme un tigre dans le zoo de New-York, beaucoup moins domestique que nos chiens et chats !

Mais pourquoi les animaux domestiques peuvent être infectés ? Comment est-ce possible ? Et quelles en sont les conséquences ?

Pourquoi ? Pour infecter un être vivant, le virus doit être capable d'ouvrir une sorte de serrure dans certains types de cellules du corps humain. Cette serrure s'appelle un récepteur. Or, les scientifiques ont trouvé que le récepteur utilisé par le coronavirus chez l'Homme était également présent chez certains animaux comme les chiens et chats.

Comment ? Comme tu le sais, le coronavirus peut se transmettre entre les humains lorsque nous toussons ou lorsque nous éternuons. C'est pour cela que l'on porte des masques, pour bloquer le virus et protéger les autres. Les animaux domestiques peuvent eux aussi être contaminés par leurs propriétaires infectés par le virus lorsque qu'ils vont tousser ou éternuer à proximité de leur animal lors de câlins, caresses ou jeux par exemple.

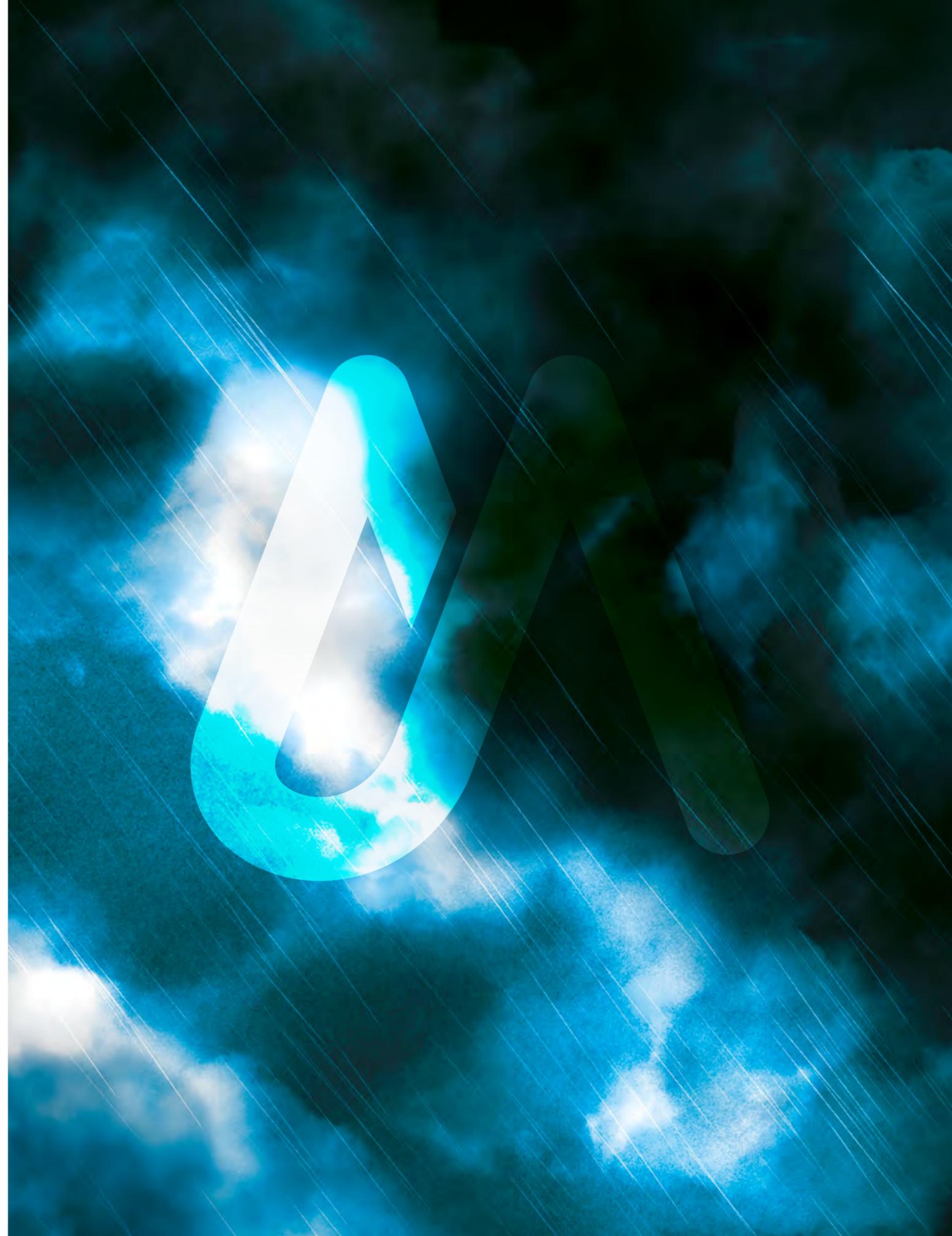
Conséquences : comme pour les humains, la plupart des infections chez les animaux domestiques sont asymptomatiques c'est-à-dire qu'ils ne présentent pas de signe visible de la maladie. Mais pour une minorité des cas, des symptômes peuvent apparaître, comme des difficultés à respirer et/ou des vomissements. Cependant, ton animal ne risque pas grand danger. En effet, les scientifiques n'ont pas mis en évidence qu'un animal de compagnie infecté par le coronavirus pouvait mourir à cause de cette infection. Malgré cela, nous te conseillons tout de même d'appliquer les gestes barrières chez toi avec ton animal de compagnie si tu es infectée par le virus.

Il est aussi important de préciser qu'il n'a pas été prouvé qu'un animal de compagnie infecté par le coronavirus puisse infecter son propriétaire. Ton compagnon n'est donc pas un danger pour toi, pour les membres de ta famille ou tes amis. Il est donc inadmissible de voir des personnes abandonner leur animal par peur d'être contaminées par le virus.

Un article en partenariat avec le site *The Conversation*



Matthieu Fritz et Pierre Becquart
Chercheurs au laboratoire Mivegec / Maladies infectieuses et vecteurs :
écologie, génétique, évolution et contrôle (UM - CNRS - JRD)





Université de Montpellier

www.umontpellier.fr