

Au fond aussi, ça se réchauffe

Les océans se réchauffent, et les conséquences, recensées dans les articles du *Hors-Série* n° 104 : «Océans. Le dernier continent à explorer», sont nombreuses, à commencer par le blanchissement du corail. Beaucoup d'études se sont concentrées sur les eaux de surface, mais Isaac Brito-Morales, de l'université du Queensland, en Australie, est allé voir au fond. Et ce qu'il a trouvé n'est pas rassurant.

Avec son groupe, il s'est intéressé aux vitesses de déplacements des espèces en fonction du réchauffement, c'est-à-dire aux décalages des aires de répartition. Son idée de départ : tester l'hypothèse selon laquelle, les eaux profondes se réchauffant plus lentement que celles de surface, la biodiversité y est moins perturbée. Ce n'est pas le cas, l'analyse de données recueillies entre 1955 et 2005 révèle que les déplacements d'espèces sont plus prononcés dans les profondeurs, jusqu'à deux fois plus rapides que ceux observés en surface. Et à en croire des modélisations effectuées par Isaac Brito-Morales et ses collègues sur la base de plusieurs scénarios de réchauffement global, cet écart va s'accroître dans les prochaines décennies.

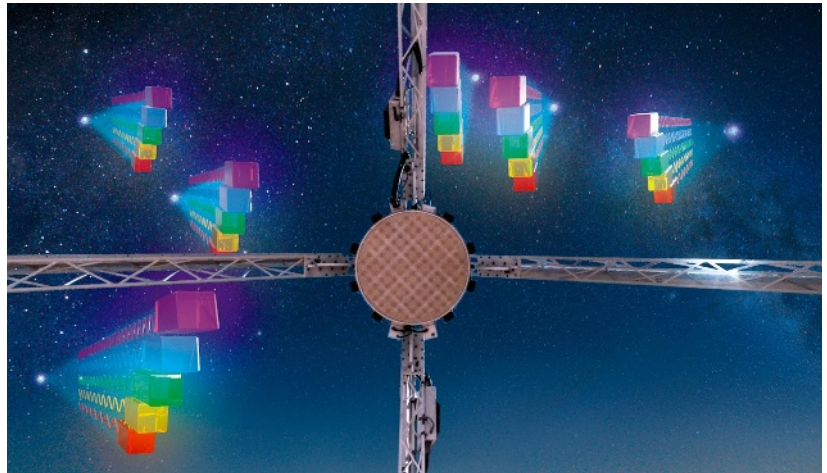
C'est que le brassage des eaux en surface peut atténuer les effets du réchauffement, alors que plus bas dans la colonne d'eau, ce phénomène n'a pas lieu. L'évolution la plus spectaculaire est attendue dans la zone mésopélagique, entre 200 et 1000 mètres de profondeur : les vitesses de déplacements des espèces pourraient être multipliées par onze ! Plus étonnant encore, alors qu'en surface ces déplacements se font essentiellement vers les pôles, les directions suivies en profondeur pour conserver des conditions de vie similaires, notamment thermiques, sont très variées.

En conclusion de leur étude, les auteurs appellent à tenir compte du déplacement des espèces dans la délimitation des aires marines protégées. Sans oublier d'insister sur l'indispensable réduction de la surexploitation, qu'elle soit due à la pêche ou à l'industrie minière.

I. BRITO-MORALES ET AL., *NATURE CLIMATE CHANGE*, PRÉPUBLICATION EN LIGNE, 2020

La matière manquante retrouvée

On ignorait où se trouvait la moitié de la matière ordinaire (ou baryonique) prévue par les modèles. Elle vient d'être détectée dans l'espace intergalactique.



Le télescope Askap a détecté les ondes émises par six sursauts radio rapides. La diffusion de ces ondes sur le trajet révèle la matière ordinaire qui manquait.

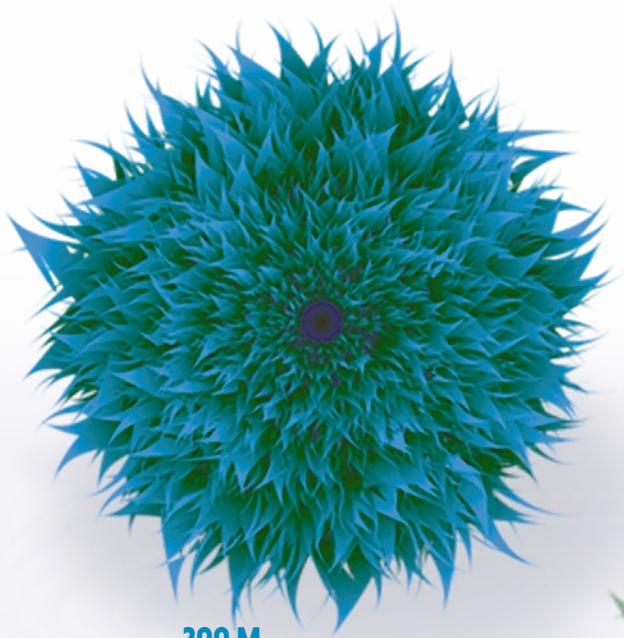
Le *Hors-Série* n° 106 : «Enquête sur l'Univers noir» décrivait l'ensemble des constituants de l'Univers, à savoir 70 % d'énergie sombre, 25 % de matière noire et seulement 5 % de matière ordinaire dite «baryonique». Les deux premières sont encore des mystères pour les astrophysiciens, mais la dernière, même ordinaire, conserve encore quelques secrets. L'un d'eux concerne l'endroit où se niche la moitié de cette matière ordinaire. Jean-Pierre Macquart, de l'université Curtin, à Perth, en Australie, et ses collègues pourraient l'avoir débusqué.

La moitié connue de la quantité de baryons prédite par l'étude du fonds diffus cosmologique et les scénarios de nucléosynthèse primordiale se trouve dans les galaxies et les amas de galaxies où elle forme les étoiles, les planètes, les trous noirs... Le reste est donc dispersé dans l'espace intergalactique, mais avec une densité extraordinairement faible, de l'ordre de un à deux atomes dans un volume d'environ 20 mètres cubes. Comment la détecter ? Grâce à un phénomène encore inexpliqué, les sursauts radio rapides, de brèves (quelques millisecondes) et très énergétiques émissions d'ondes radio. Parmi les hypothèses avancées pour les expliquer, citons les sursauts gamma, les magnétars (des étoiles à neutrons dotées d'un champ magnétique intense), des trous noirs qui s'évaporent...

Grâce au radio télescope Askap (pour *Australian Square Kilometre Array Pathfinder*), les astrophysiciens se sont intéressés à six sursauts parmi ceux bien localisés dans l'Univers et ont analysé les ondes radio reçues. Sur leur parcours, elles sont diffusées par les baryons qu'elles rencontrent, un peu comme l'est la lumière du Soleil quand elle traverse un prisme. Plus précisément, un décalage s'opère selon la fréquence : les plus hautes sont détectées avant les autres.

À partir des données recueillies, les astrophysiciens ont calculé la densité de matière du milieu intergalactique traversé : à raison d'un baryon par mètre cube, c'est suffisant pour expliquer la moitié de matière baryonique qui manquait à l'appel. Le modèle est donc conforme, au moins pour les 5 % de l'Univers.

J.-P. MACQUART ET AL., *NATURE*, VOL. 581, PP. 391-395, 2020



200 M
Peste (monde)
du VI^e au XXI^e siècle



100 M
Grippe espagnole : virus H1N1
1918-1919



75 M
Peste noire (monde)
1347-1352



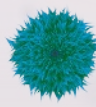
30-35 M
VIH
De 1981 à aujourd'hui



12 M
Peste de Chine
1855-1960



8 M
Variole (Empire aztèque)
1520



8 M
Peste antonine
165-180



1,3 M
Grippe asiatique (russe) : virus H2N2
1957-1958



1 M
Grippe asiatique (russe) : virus H2N2 ?
1889-1890



1 M
3^e pandémie de choléra
1846-1860



800 K
Grippe de Hong Kong : virus H3N2
1968-1970



2 M
Variole au Japon
735-737



2 M
Peste perse
1772-1773



416 K
Covid-19
2019 - 2020
(chiffres au 11 juin 2020)



28 K
Grippe A : virus H2N2
2009-2010



3 K
Fièvre jaune (en Éthiopie)
1960-1962



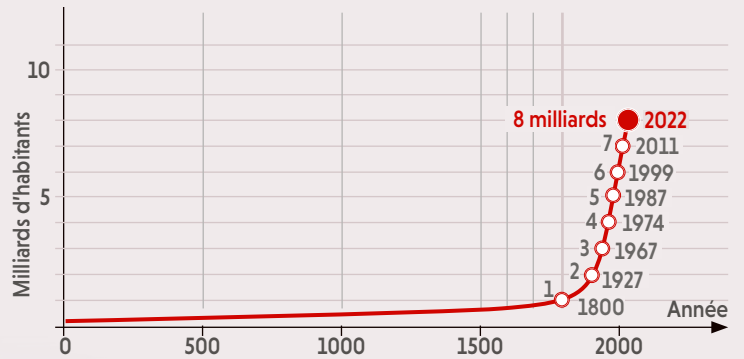
1,13 K
Ebola
2014-2016



774
SRAS
2002-2003



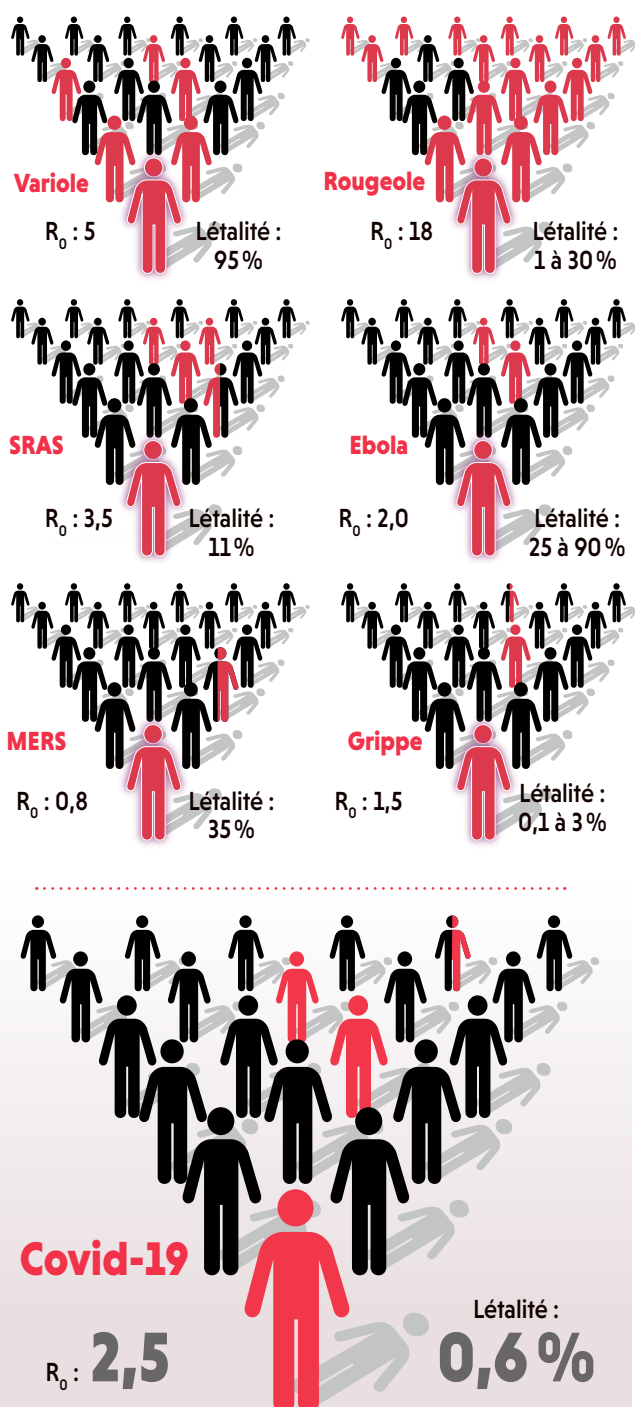
600
MERS
2012-2017



L'évolution de la démographie mondiale aide à comprendre l'ampleur de certaines épidémies. Un bilan de 100 millions de morts au XX^e siècle n'est pas comparable à un bilan du même ordre, mais 1000 ans plus tôt.

La peste, le choléra... et les autres

Depuis des millénaires, les êtres humains sont en lutte contre divers agents pathogènes qui ont souvent fait des millions de morts. Et même depuis l'avènement de la médecine moderne, les victimes d'infections sont encore parfois très nombreuses. Où se situe le Covid-19 dans ce « palmarès » ?



Depuis l'aube de l'humanité, et plus particulièrement le Néolithique et la domestication d'animaux, notre espèce est confrontée à des maladies infectieuses. Les émergences sont parfois le fait de peu d'individus qui suffisent à déclencher une hécatombe.

Ainsi en va-t-il, par exemple, de la peste noire. Transmise par des puces véhiculées par des rats, la bactérie *Yersinia pestis* serait venue d'Asie Centrale et aurait gagné, via des bateaux génois, quelques ports européens, comme Constantinople, Messine, Gênes, Marseille... De là, la maladie a envahi tout le continent où elle tua peut-être 25 millions de personnes en cinq ans, soit environ le tiers de la population. Puis elle se diffusa dans le monde musulman, en Chine, en Inde. Au total, la peste noire aurait fait 75 millions de morts entre 1347 et 1352. Quant à l'ensemble des pandémies de peste, du VI^e siècle et la peste de Justinien (542-542) jusqu'au XXI^e siècle, on estime qu'elles ont fait 200 millions de morts.

C'est aussi le cas de la variole qui s'empara du continent américain après l'arrivée des Espagnols. Ici, ce sont d'abord les estimations des populations précolombiennes qui posent problème: selon les auteurs, l'Amérique, du Nord au Sud, comptait de 8 à 112 millions d'individus! Concernant les Aztèques, vaincus par Cortés, bien aidé en cela par le virus de la variole, l'estimation la plus consensuelle fait état d'environ 17 millions d'individus. La moitié aurait péri de la maladie au cours du XVI^e siècle.

D'une façon générale, plus les infections sont récentes, plus les chiffres présentés page ci-contre sont robustes. On pourrait imaginer que le bilan des diverses épidémies est allé en s'allégeant à mesure que les siècles passaient: il n'est en rien. La grippe espagnole du début du XX^e siècle a sensiblement tué autant que la peste noire du milieu du XIV^e siècle (les populations des deux époques ne sont toutefois pas comparables).

Chaque agent infectieux se caractérise par un taux de reproduction de base (*ci-contre*), noté R_0 . Il s'agit du nombre de personnes infectées par une personne déjà atteinte. On observe que la rougeole est particulièrement contagieuse. Autre paramètre important, le taux de létalité (*les chiffres sont donnés en l'absence de traitement*) correspond à la proportion de décès par rapport au nombre total de malades. La variole et la maladie à virus Ebola sont notablement sévères. Au regard de tous ces paramètres, le Covid-19 semble moins effrayant... ■

Le bleu dans les yeux

La reine Néfertiti éclairait l'Égypte de sa beauté légendaire, le bleu de son buste éclaire désormais l'intérieur des cellules.

L

e 6 décembre 1912, à Tell el-Amarna, en Égypte, entre Thèbes et Memphis, l'équipe allemande dirigée par l'archéologue Ludwig Borchardt fait une belle découverte: vraisemblablement l'atelier du sculpteur Thoutmôsis. Là, au milieu de nombreuses sculptures inachevées, reposait depuis plus de 3200 ans le buste, fini celui-ci, de Néfertiti, la «Joconde de l'Antiquité», dont le nom signifie «la belle est venue». La représentation de l'épouse d'Akhénaton trône désormais au Neues Museum, à Berlin.

Cet archétype de la beauté féminine est très bien conservé, et sa polychromie est presque intacte. Parmi les pigments, l'un des plus remarquables est le bleu de la couronne sur laquelle est lové un cobra sacré, symbole de divinité. Ce bleu, dit «égyptien», est en effet le premier pigment de synthèse! Il bénéficie aujourd'hui d'une nouvelle jeunesse grâce aux travaux de Sebastian Kruss, de l'université de Göttingen, en Allemagne.

Le bleu égyptien est constitué de minuscules fragments de verre au sein desquels est dispersé un matériau cristallin, en l'occurrence un silicate double de calcium et de cuivre ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), d'un beau bleu foncé. Les anciens le fabriquaient en faisant fondre, pendant plusieurs heures, entre 800 et 1000 °C, un mélange de sable (de la silice), un composé cuivré, du carbonate de calcium et une substance basique comme des cendres ou du natron. Le matériau obtenu était ensuite broyé. La plus ancienne trace de ce pigment a été retrouvée sur un bol d'albâtre mis au jour à Nekhen, en Haute-Égypte, et datant de 3250 avant notre ère.

Plus de 5000 ans après, le groupe de Sebastian Kruss a eu l'idée d'exfolier des grains

de bleu égyptien en utilisant des procédés fondés sur des ultrasons à haute puissance, une méthode courante pour la production de nanomatériaux. De la sorte, les chimistes ont produit des feuillets de bleu égyptien extrêmement fins, d'une épaisseur 100 000 fois inférieure au diamètre d'un cheveu! Mais que faire avec?

Il se trouve que le «nanobleu égyptien» est un excellent fluorochrome – une substance devenant fluorescente après une excitation lumineuse –, avec lequel on peut colorer des échantillons biologiques. Qui plus est, il fluoresce quand il est éclairé par de la lumière dans le proche infrarouge, typiquement avec une longueur d'onde de 910 nanomètres. C'est intéressant, car ce type de lumière présente plusieurs avantages: par exemple, elle diffuse peu, ce qui augmente la résolution des images, et pénètre en profondeur dans les tissus biologiques. Or les fluorochromes fonctionnant avec le proche infrarouge sont rares.

Les premiers essais ont été concluants. Ils ont permis de visualiser avec un fort contraste des noyaux cellulaires dans un embryon de mouche drosophile. De même, dans les plantes, les nouveaux fluorochromes ont montré leur efficacité. Enfin, des tests ont montré qu'ils ne sont pas cytotoxiques.

Peut-être seront-ils utiles pour étudier «La Jeune Dame», une des momies découvertes dans la tombe KV35 de la vallée des Rois et que certains pensent être celle de Néfertiti? ■

G. Selvaggio et al., Exfoliated near infrared fluorescent silicate nanosheets for (bio) photonics, *Nature Communications*, vol. 11, art. 1495, 2020.