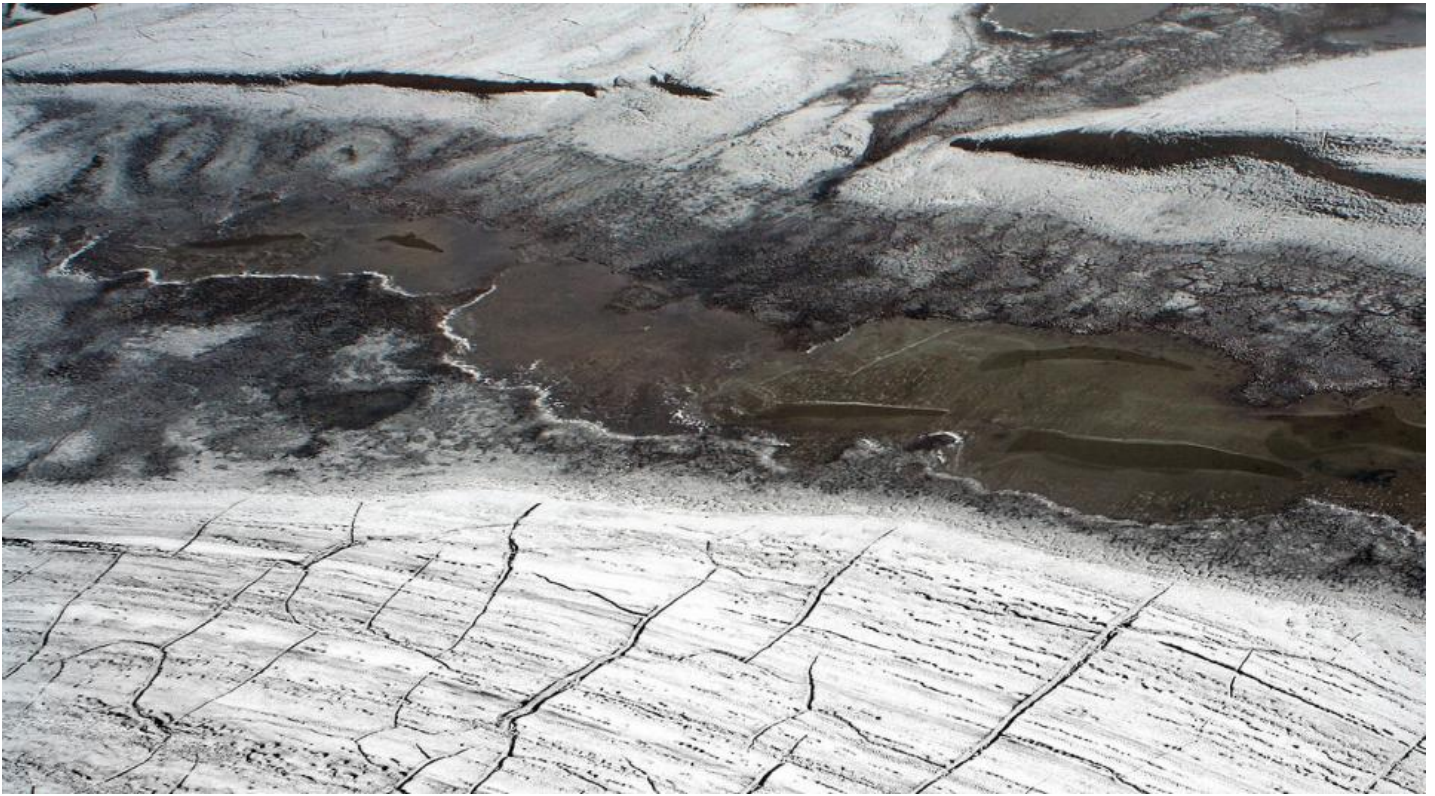


## Hiber(viru)natus : ces maladies emprisonnées depuis des millions d'année par la glace et qui reviennent avec la fonte du permafrost



Le réchauffement climatique provoque un autre effet négatif sur l'environnement. Le dégel du permafrost, les sols gelés en Sibérie pourrait libérer des virus emprisonnés depuis des millions d'années. Ces nouvelles découvertes sont au cœur des préoccupations des chercheurs.

Avec Stéphane  
Gayet

**Atlantico : Le réchauffement climatique est une menace pour les bancs de banquise qui fondent au large des pôles. Le phénomène est plus inquiétant en revanche en Sibérie où le permafrost, les couches de gelées des sols pourraient libérer des virus qui y sont coincés depuis des milliers d'années. Quelles sont les connaissances des scientifiques à ce sujet ? Quels sont les agents pathogènes qui sont retenus prisonniers ?**

**Stéphane Gayet :** Le permafrost (mot anglais, contraction de permanent frost, c'est-à-dire gelée permanente) de Sibérie est une couche de sol dont la température est en permanence en froid très négatif. Les températures aux alentours de  $-50^{\circ}\text{C}$  sont habituelles. Cette congélation naturelle conserve bien sûr efficacement les matières organiques, dont la lente dégradation naturelle, d'origine microbienne, est empêchée, car ce froid intense fige les bactéries et champignons microscopiques qui sont les acteurs de la décomposition organique. Grâce à des techniques modernes et performantes permettant à la fois de vivre sur place dans des conditions relativement décentes, de forer le sol gelé et d'étudier les échantillons de ce sol, la recherche est active depuis une vingtaine d'années dans le permafrost.

Cela fait longtemps que l'on trouve des corps entiers d'animaux congelés dans le permafrost de Sibérie. Mais, quand bien même ils sont intacts, ce sont des animaux morts qui ne reviendront jamais à la vie, car leur métabolisme s'est arrêté définitivement. Avec les virus, qui ne sont pas des êtres vivants, c'est radicalement différent : à  $-50^{\circ}\text{C}$ , ils se conservent remarquablement et gardent leur pouvoir infectieux. Le grand froid négatif conserve les êtres vivants, les fige en quelque sorte, mais commence par les tuer. Un être vivant est constitué de cellules vivantes – au minimum une seule : les protozoaires comme les amibes, plasmodiums et toxoplasmes ; les procaryotes comme les bactéries – dont la caractéristique est de naître, d'avoir métabolisme (respiration, nutrition, sécrétion, excrétion, reproduction) puis de mourir. Les virus n'ont pas de métabolisme, ils se résument à une information génétique qui est leur génome (soit de l'ADN dans le cas des virus à ADN ; soit de l'ARN dans celui des virus à ARN), des enzymes et une structure de protection ou capsid virale. Étant donné que les acides nucléiques (ADN et ARN), supports biologiques de l'information génétique, se conservent parfaitement dans le froid intense et que les virus sont de l'information, les virus sont très bien préservés dans ces conditions.

Les virus que l'on trouve dans le permafrost sont bien différents des virus que nous connaissons dans les régions tempérées ou chaudes. Car ce sont d'énormes virus. Le premier virus énorme y a été mis en évidence en 2003 : il appartient aux Mimivirus, agents

infectieux des amibes. Les virus en général sont des particules inertes dont le potentiel ne peut se révéler que lorsqu'ils sont absorbés par des cellules vivantes. C'est seulement dans cette situation que leur pouvoir pathogène s'exprime : c'est une sorte d'ordre donné à la cellule sous la forme d'une information génétique, l'information virale génomique qui se trouve sous une forme compréhensible par la cellule, c'est-à-dire un acide nucléique (ADN ou ARN). C'est un langage commun qui permet à la cellule de comprendre l'information virale : le code génétique. Le génome est constitué de gènes (notion devenue un peu simple, mais commode) : un gène est une unité fonctionnelle qui code pour la synthèse de protéines (notamment des protéines enzymes et des protéines de structure). Chaque gène est lui-même constitué d'une séquence de paire de bases azotées puriques et pyrimidiques. Le ratio du nombre de bases azotées par gène varie beaucoup d'une espèce à l'autre. Pour situer les choses, le génome humain comporte de l'ordre de 30.000 gènes et chaque gène de l'ordre de 100.000 bases azotées, ce qui situe le poids du génome humain à environ trois milliards de bases azotées. Le génome d'une bactérie comme *Escherichia coli* (le colibacille) comporte de l'ordre de 4000 gènes et chaque gène de l'ordre de 1000 bases azotées, ce qui situe le poids de son génome à environ quatre millions de bases azotées. Les virus, particules biologiques relativement simples, ont d'ordinaire un petit génome : le virus du sida VIH-1 a 10 gènes et chaque gène est constitué d'environ 1000 bases azotées (comme le colibacille), ce qui situe le poids de son génome à environ 10.000 bases azotées. Quand on dit qu'un virus est pathogène pour une espèce vivante donnée – par exemple *Homo sapiens*, l'homme –, cela signifie que son génome – ses gènes – codent pour la synthèse des protéines pathogènes pour l'homme. En pratique, une cellule absorbe un virus qu'elle est capable d'absorber et lit les gènes de son génome qui codent pour les constituants du virus, ce qui fait que la cellule se transforme en une usine à fabriquer du virus, et finit souvent par en mourir en libérant de très nombreuses particules virales.

Les virus découverts dans le permafrost sibérien sont donc d'énormes virus. Il s'agit de virus dont le génome est de type ADN (comme les virus de l'herpès, de la varicelle et du zona, de l'hépatite B, mais aussi de la variole). Parallèlement à leur très gros volume, leur génome est également énorme. Alors que le virus du sida a un génome constitué d'environ 10.000 bases azotées, ces énormes virus sibériens en ont constitué d'environ un million de bases azotées. Les génomes des énormes virus déjà identifiés connus sont à la fois lourds et complexes, très différents des génomes des virus connus jusqu'alors en pathologie. Ces virus ont reçu les noms suivants : Mimivirus, Pandoravirus, Pithovirus et Mollivirus.

### **Quelles seraient les conséquences si ces agents pathogènes parvenaient à se libérer ? Quels sont les risques sanitaires que l'on encourt réellement ?**

Comme nous l'avons vu, ces agents pathogènes sont des virus et non des bactéries. Les bactéries sont tuées par le très grand froid, comme c'est le cas général pour les êtres vivants, à l'exception toutefois des spores bactériennes qui sont des formes de résistance. En pathologie humaine, les deux genres de bactéries capables de sporuler – former des spores – sont le genre *Bacillus* (espèces anthracis, cereus, subtilis) et le genre *Clostridium* (espèces tetani, botulinum, perfringens, difficile). Une spore bactérienne a une résistance extrême : elle peut résister à une ébullition d'une minute et se maintenir des mois et des années en attendant des conditions favorables pour germer et redevenir végétative. Car on a parlé de cas de charbon – appelé à tort anthrax – liés à des spores de *Bacillus anthracis* (bacille du charbon) venant du permafrost sibérien. A part le cas bien particulier des spores bactériennes, il ne s'agit dans l'état actuel de nos connaissances que de virus, dans le permafrost.

Les tests effectués sur des tissus humains ont montré que ces énormes virus sibériens, n'ont aucune affinité pour l'homme. Mais il faut bien sûr rester très prudent. Et jusqu'ici, heureusement, en lien avec leurs caractéristiques fort différentes de celles des virus déjà connus en pathologie, les virus géants découverts dans le permafrost sibérien n'ont aucun pouvoir pathogène pour le corps humain. Mais il est certain que nous allons en découvrir d'autres, car les recherches dans cette région motivent et mobilisent de nombreux scientifiques, nonobstant les conditions physiques de travail pénibles eu égard au froid. Avec le réchauffement de la planète et l'intérêt économique (tout particulièrement les matières premières et les sources d'énergie fossiles) que suscite cette région du monde, les risques de voir un ou plusieurs virus géants – ramenés à la surface puis emportés de façon invisible au loin – constituer une menace infectieuse pour l'homme vont augmenter. Avec tous les risques qui émergent au fur et à mesure de la transformation du monde par l'homme, il est certain que les pouvoirs publics ont un peu de mal à suivre. Néanmoins, les virologues concernés par ces travaux de recherche s'efforcent d'évaluer ce risque viral. Si, jusqu'à présent, nous n'avons pas trouvé de virus pathogènes pour l'homme dans le permafrost sibérien, il n'est pas du tout exclu que cela arrive.

### **Qu'est ce qui est mis en place d'un point de vue épidémiologique pour contrôler cette menace ? Peut-on vraiment parler de menace ?**

Les risques biologiques en général, surtout depuis l'émergence du bioterrorisme, sont l'objet d'une surveillance très organisée et attentive. Ces risques font partie des risques nucléaires, radiologiques, biologiques et chimiques (NRBC). Ils font l'objet de plans locaux, régionaux et nationaux. Ils fédèrent les scientifiques, les administrateurs de la santé et les militaires. Du côté des virus, c'est surtout le virus de la variole qui est redouté : officiellement éradiquée, la variole pourrait théoriquement être propagée à partir de virus conservés et répliqués en laboratoire. Mais les énormes virus du permafrost sibérien ne semblent pas, dans l'état actuel de nos connaissances, constituer une réelle menace. Ce risque est cependant pris en compte, très sérieusement.