



# LE RÉVEIL DES VIRUS HIBERNATUS

par Dominique CELLIER pour le groupe de travail « Pandémie - Syndémie » de l'association Sciences Citoyennes

## LE DÉGEL DU PERGÉLISOL UNE BOMBE À RETARDEMENT

Le changement climatique, via le réchauffement de l'atmosphère, est responsable du dégel du pergélisol. Le réchauffement du climat est beaucoup plus rapide dans les régions polaires : des records de température dans certaines zones ont été observés avec une température de 2 à 3 °C supérieure à celle d'il y a 30 ans. La hausse des températures moyennes et différents autres paramètres climatiques, biogéochimiques et hydrologique des milieux, peuvent affecter de multiples manières l'état du pergélisol : épaissement de la couche neigeuse, augmentation des précipitations estivales et de l'humidité des sols, augmentation de l'intensité et de l'occurrence des incendies, perméabilité des sols, etc. La fonte du pergélisol concerne désormais la moitié de la Sibérie. Les modèles du GIEC<sup>1</sup> estiment, avec un grand degré d'incertitude, que la superficie du pergélisol peu profond (< 3 m) devrait diminuer de 2 à 66 % ou de 30 à 99 % selon le scénario d'émissions de gaz à effet de serre (GES) retenu.

### Boucle de rétroaction positive

En fondant, le pergélisol libère des matières organiques qui, soumises à l'activité microbienne, produisent du CO<sub>2</sub> en présence d'oxygène quand les sols sont secs ou du méthane quand ils sont saturés d'eau. De récentes projections estiment ainsi qu'1 °C de réchauffement pourrait conduire à la libération dans l'atmosphère de 14 à 175 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> qui participeraient à leur tour à l'élévation de la température augmentant la destruction du pergélisol et donc le largage de GES. Le changement climatique en favorisant ce dégel déclenche une boucle de rétroaction positive<sup>2</sup> qui amplifie à son tour le changement climatique. Ce danger, longtemps ignoré ou sous-estimé, fait courir le risque d'un emballement incontrôlé du changement climatique.

<sup>1</sup> IPCC (2019): Technical Summary - Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC) <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/technical-summary/>

<sup>2</sup> Climat et rétroactions [https://manuelnumeriquemax.belin.education/enseignement\\_scientifique-terminale/topics/es-tle-c02-048-a\\_climat-et-retroactions](https://manuelnumeriquemax.belin.education/enseignement_scientifique-terminale/topics/es-tle-c02-048-a_climat-et-retroactions)

## Menace pour les populations humaines locales

La fonte du pergélisol s'accompagne de perturbations importantes : fragilisation et déstabilisation des sols et des bordures côtières, modifications du fonctionnement des écosystèmes et risques d'incendies. Elles deviennent un péril pour les populations locales<sup>3</sup>, la durabilité et le coût des infrastructures humaines installées (habitat, route, etc.) et l'existence même de certaines villes. L'avenir des populations et des activités économiques locales y devient incertain.

<sup>3</sup> Fonte du pergélisol, quelles conséquences pour les activités humaines ? <https://www.carbone4.com/analyse-adaptation-fonte-permafrost>

## LE PERGÉLISOL

Le pergélisol<sup>1</sup> (ou permafrost en anglais) correspond à des sols qui restent gelés en permanence. D'une superficie de 22 millions de km<sup>2</sup>, il constitue 20 % des surfaces continentales de la Terre, 25 % des terres émergées de l'hémisphère nord (essentiellement polaires) : 90 % du Groenland, 80 % de l'Alaska, 50 % du Canada et de la Russie.

Le pergélisol est à certains endroits très ancien, pouvant remonter au pléistocène [-2,6 millions d'années à -11 000 ans]. Il est très froid, à une température de -9 °C environ, et très profond. On en a trouvé à près de 1 500 mètres de profondeur dans le nord de la Yakoutie.

Il est constitué thermiquement de trois couches : la première dite « active » dégèle en été et peut atteindre jusque deux à trois mètres ; la seconde, soumise à des fluctuations saisonnières mais constamment sous le point de congélation, constitue la partie du pergélisol *stricto sensu* et s'étend à une profondeur de 10 à 15 mètres ; la troisième peut atteindre plusieurs centaines de mètres, voire dépasser le millier de mètres (en Yakoutie), ne connaît pas de variation saisonnière de température et est constamment congelée.

Mélange de matière organique, de minéraux et de glace, le pergélisol renfermerait quelque 1 700 milliards de tonnes de carbone d'origine végétale, soit le double de la quantité de carbone contenue dans l'atmosphère. Il renferme aussi une énorme quantité de micro-organismes anciens dormants (bactéries, virus, etc.).

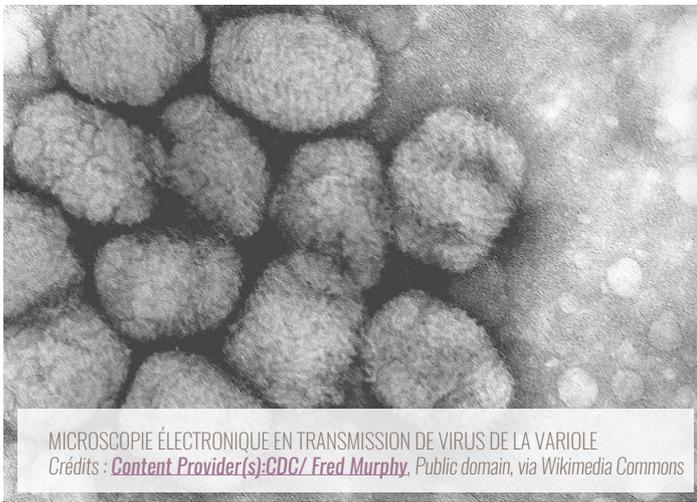
<sup>1</sup> <https://fr.wikipedia.org/wiki/Perg%C3%A9lisol>

## Menace de « microbes zombies »

La fonte du pergélisol arctique fait peser le risque d'une réémergence de micro-organismes dont certains sont restés viables dans d'anciens sols gelés pendant un demi-million d'années. L'expérience de la récente pandémie de COVID-19 montre que si on ne veut pas connaître une nouvelle pandémie, il est urgent d'en évaluer le danger et ne pas reproduire les conditions qui permettraient l'émergence d'une nouvelle maladie infectieuse, bactérienne ou virale. Dans ce contexte, la recherche scientifique devrait prioriser l'acquisition de meilleures connaissances sur la composition des communautés microbiennes présentes dans cet environnement peu étudié.

📍 **La résistance aux antibiotiques** : des scientifiques ont pu mettre en évidence que des échantillons de pergélisol présentaient des fréquences élevées inattendues de gènes de  $\beta$ -lactamase<sup>45</sup> (famille d'enzymes responsable de la résistance de certaines bactéries aux antibiotiques). Le réchauffement particulièrement intense de l'Arctique pourrait donc favoriser la propagation de ces résistances bactériennes.

📍 **L'anthrax** : la maladie du charbon (ou anthrax en anglais) ressurgit désormais régulièrement des entrailles gelées de Russie<sup>6</sup>. En 2016, un garçon de 12 ans en est mort. Les spores de cette bactérie étaient ressorties d'un cadavre de renne mort soixante-dix ans plus tôt. D'autres humains, et des milliers de rennes, ont été de nouveau infectés par cette maladie, supposée disparue depuis quelques décennies.



MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE EN TRANSMISSION DE VIRUS DE LA VARIOLE  
Crédits : Content Provider(s):CDC/ Fred Murphy, Public domain, via Wikimedia Commons

📍 **La variole** : si la variole a été éradiquée de la surface de la Terre, elle reste néanmoins conservée dans le congélateur du pergélisol. On a pu découvrir<sup>7</sup> que le virus était encore présent dans des cadavres qui ont quelques siècles ou millénaires et ressortent du permafrost, parfois dans un très bon état de conservation.

📍 **Les virus « zombies »** : en découvrant dans une revue scientifique que des chercheurs russes étaient parvenus à faire ressusciter une espèce végétale prisonnière du pergélisol pendant 30 000 ans, le Professeur Jean-Michel Claverie, du Laboratoire de l'Information Génomique et Structurale<sup>8</sup>, s'est posé cette question : « Est-il possible de faire la même chose pour un virus ? ». Depuis 2014, lui et son équipe<sup>9</sup> sont parvenus à dégeler, réactiver et faire se reproduire en laboratoire plusieurs virus anciens, certes inoffensifs pour notre espèce, préservés pendant des dizaines de milliers d'années dans le pergélisol : « Cette découverte démontre que si on est capable de ressusciter des virus âgés de 30 000 ans, il n'y a aucune raison pour que certains virus beaucoup plus dangereux pour l'Homme, les animaux ou les plantes ne survivent pas également plus de 30 000 ans. »

Depuis, de nouveaux virus y ont été détectés... et d'autres le seront certainement encore. En Russie, le laboratoire du Centre national de recherches virologiques et biotechnologies VEKTOR (Koltsovo), l'un des deux seuls à abriter le virus de la variole avec le Center for Disease Control (Atlanta, États-Unis d'Amérique), a récemment annoncé qu'il lançait une recherche systématique de ces virus. Pour ce faire, les chercheurs russes recueillent des échantillons autour des carcasses qui ressurgissent ci-et-là : cerfs, chevaux, rhinocéros laineux, lions... et surtout mammoths, très abondants avant la fin du dernier âge glaciaire (vers -10 000 ans avant notre ère).

## LE NOUVEL EL DORADO DU GRAND NORD

À cause du réchauffement climatique, de la fonte de la banquise et du dégel du pergélisol on assiste à une véritable ruée vers le Grand Nord arctique.

Des routes maritimes sont désormais ouvertes six mois par an au trafic. On peut donc accéder assez facilement en bateau à des côtes et des régions, auparavant désertiques.

<sup>4</sup> <https://www.imm.cnrs.fr/alaffiche/le-pergelisol-arctique-est-un-reservoir-de-genes-de-resistance-certaines-antibiotiques>

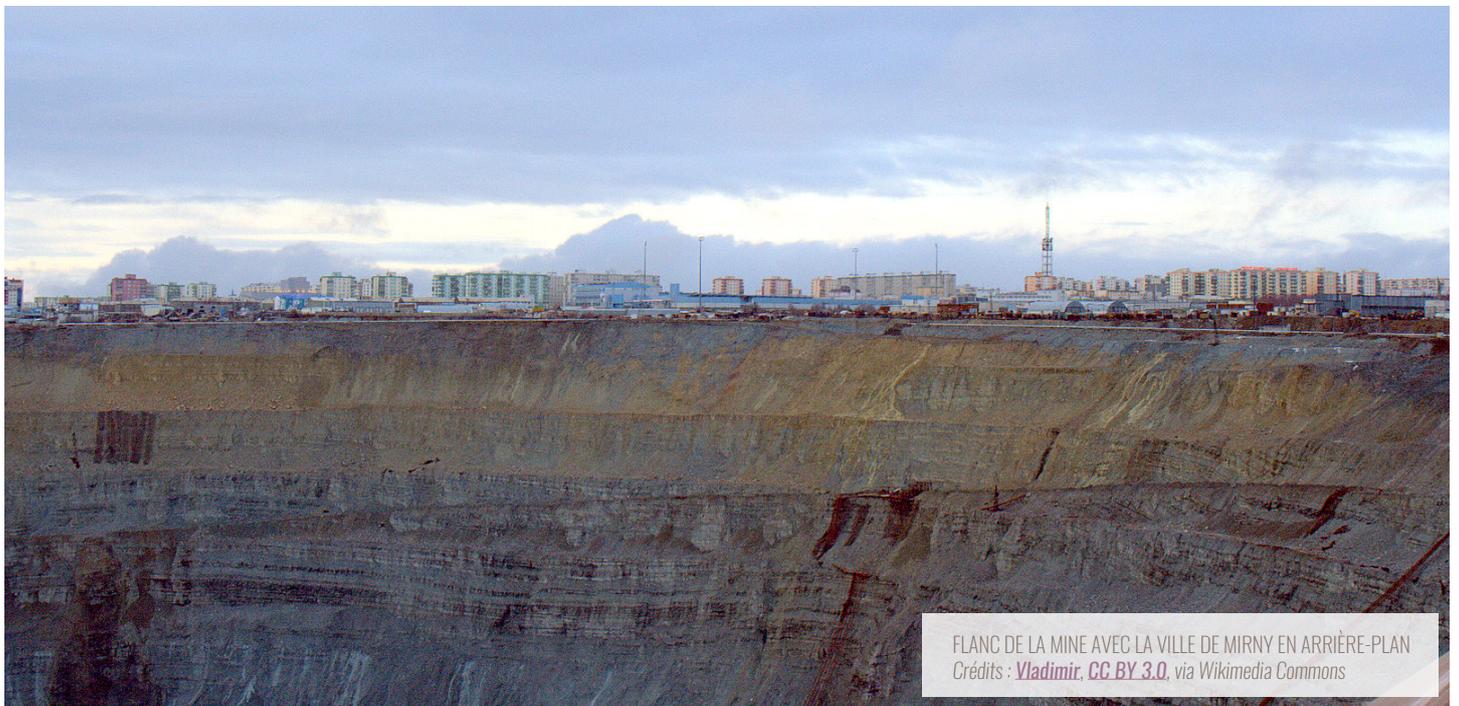
<sup>5</sup> Rigou S., Christo-Foroux E., Sébastien Santini S. et al.(2022) Metagenomic survey of the microbiome of ancient Siberian permafrost and modern Kamchatkan cryosols microLife, Volume 3, 2022, uqac003, <https://doi.org/10.1093/femsml/uqac003>

<sup>6</sup> Stella E., Mari L., Gabrieli J., Barbante C. & Bertuzzo E. (2020). Permafrost dynamics and the risk of anthrax transmission: a modelling study. Scientific Reports – natureresearch <https://www.nature.com/articles/s41598-020-72440-6>

<sup>7</sup> Biagini P. ; Thèves C. ; Balaresque P. et al. (2012) Variola Virus in a 300-Year-Old Siberian Mummy. *The New England Journal of Medicine* ; 367:2057-2059 <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMc1208124>

<sup>8</sup> Laboratoire Information Génomique et Structurale (IGS) – UMR7256 CNRS ; Institut de Microbiologie de la Méditerranée (FR 3489) <http://www.igs.cnrs-mrs.fr/>

<sup>9</sup> Alempic J.-M. ; Lartigue A. ; Goncharov A.E. ; Grosse G. ; Strauss J. ; Tikhonov A.N. ; Fedorov A.N. ; Poirot, O. ; Legendre M. ; Santini S. ; et al. (2023) An Update on Eukaryotic Viruses Revived from Ancient Permafrost. *Viruses* 2023, 15, 564. <https://doi.org/10.3390/v15020564>



Ces régions recèlent d'importants gisements de gaz et de pétrole : trop tentant pour les compagnies mortifères multinationales des énergies fossiles d'y aller exploiter ces ressources avec toutes les conséquences sur le climat et l'environnement

Elles recèlent également beaucoup de métaux rares, des métaux précieux ou des diamants. Désormais ces zones peuvent être exploitées. Par exemple, les Russes y installent des mines à ciel ouvert<sup>10</sup>. Ces mines font 3 à 4 kilomètres de diamètre et jusqu'à un kilomètre de profondeur. On exhume alors du permafrost qui peut être âgé d'un million d'années.

Le commerce florissant des défenses de mammoth : conséquence inattendue du dégel des sols du Grand Nord, la chasse aux ossements fossilisés prospère en Sibérie. Plus de trois millions de mammoths laineux auraient parcouru la steppe sibérienne avant l'extinction de l'espèce, à la fin de l'ère glaciaire. Contrairement au commerce d'ivoire d'éléphant, prohibé, le commerce d'ivoire de mammoth n'est pas illégal et attire de nombreux prospecteurs autour des ossements... potentiellement contaminés. Près de 60 tonnes seraient déterrées chaque année pour alimenter notamment le marché chinois.

## LA BOÎTE DE PANDORE

Tant que ces virus, bactéries ou autres micro-organismes potentiellement pathogènes ne croisent personne sur leur route ou restent congelés dans le pergélisol, le risque est très faible.

Mais justement, la Sibérie, le Groenland, l'Alaska et le Canada sont de plus en plus fréquentées, du fait du réchauffement climatique, de l'ouverture des voies maritimes du Nord, dans l'Arctique et de l'exploitation

<sup>10</sup> <http://orpaillage.blogspot.com/2014/07/russie-le-trou-de-la-mine-de-diamants.html>

de leurs précieuses ressources. Mais justement, c'est trop tentant pour les multinationales, avec la complicité des gouvernements de ces régions de profiter de ce que la crise climatique va produire pour amplifier la surexploitation de ces régions. Ce qui est « bon » pour l'économie de certains pays ou les profits de quelques multinationales ne l'est pas pour nos vies et notre avenir.

🔍 Pour extraire ces ressources, on creuse profondément dans le permafrost, jusqu'à des couches datant de 1 à 2 millions d'années !

🔍 On remet en circulation des quantités de bactéries ou de virus dont on ne sait rien ou que nos systèmes immunitaires n'ont jamais rencontrés.

🔍 On crée des concentrations industrielles et humaines importantes autour de ces sites d'exploitation et d'échanges vers le commerce international.

🔍 Les personnes qui y vivent et y travaillent entrent en contact avec ces agents potentiellement contaminants favorisant ainsi le risque d'émergence de nouvelles maladies infectieuses.

🔍 L'essor des échanges commerciaux avec ces régions ouvrent la voie à une possible propagation au reste de la planète.

## LA FUITE EN AVANT ET L'INACTION CONDUISENT À LA CATASTROPHE !

Les modèles mortifères de développement réunissent les conditions pour favoriser de nouvelles pandémies qui, elles, viendront du froid.

Déni ou indifférence, fuite en avant ou inaction, voilà les différents aspects des politiques des états et des industriels face à ces menaces de catastrophes de plus en plus probables. Ils ne pourront pas dire « Nous ne savions pas ! » Nous n'avons rien à attendre de comportement vertueux de la part de ceux-là mêmes qui espèrent tirer profit de la crise climatique.

## AGIR AVANT QU'IL NE SOIT TROP TARD !

Pour nous en prévenir durablement, il faut agir sur les causes, se préparer et ne pas attendre que la crise soit là et qu'on nous fasse subir de nouveau une politique technocratique, autoritaire, antidémocratique et guerrière aveuglée par une fuite en avant technoscientifique. Pour cela il faut connaître, alerter, mobiliser et construire des défenses efficaces.

Agir avant qu'il ne soit trop tard appelle à des mesures d'urgence de précaution, de prévention et de responsabilité comme :

- 📍 l'arrêt total de l'extractivisme écocide pétrolier et gazier ;
- 📍 l'arrêt de l'exploitation minière du pergélisol à la recherche de ces métaux rares ou précieux pour alimenter une croissance mortifère ;
- 📍 l'interdiction de la récolte et du commerce des ossements et défenses de mammoth ;
- 📍 des mesures d'urgence de protection sanitaire des populations qui travaillent et vivent au contact ;
- 📍 un contrôle démocratique, indépendant et efficace des laboratoires et centres de recherches qui stockent, manipulent ces microorganismes venus du froid ;
- 📍 installer à tous les niveaux du territoire des espaces d'information et de débat citoyens, tels que le propose les « Conseils citoyens en pandémie<sup>11</sup> » dont les avis sont pris en compte par les instances législatives et politiques du territoire ;
- 📍 favoriser et soutenir les mobilisations et actions démocratiques des populations pour leur droit à vivre sur une planète habitable.

<sup>11</sup> Sciences Citoyennes (2022) Pour des Conseils citoyens en pandémie. [https://sciencescitoyennes.org/wp-content/uploads/2022/10/SC\\_ConseilCitoyenEnPandemie\\_Pilote\\_202209.pdf](https://sciencescitoyennes.org/wp-content/uploads/2022/10/SC_ConseilCitoyenEnPandemie_Pilote_202209.pdf)

SI VOUS SOUHAITEZ EN SAVOIR PLUS SUR LES TRAVAUX DU GROUPE « PANDÉMIE - SYNDÉMIE », RENDEZ VOUS SUR LE SITE [HTTPS://SCIENCESCITOYENNES.ORG](https://sciencescitoyennes.org) ET CLIQUEZ SUR LE BOUTON « PANDÉMIE - SYNDÉMIE ».

VOUS POUVEZ ÉGALEMENT ÉCRIRE AU GROUPE DE TRAVAIL : [SYNDEMIE@SCIENCESCITOYENNES.ORG](mailto:SYNDEMIE@SCIENCESCITOYENNES.ORG)



## SCIENCESCITOYENNES

38 rue Saint Sabin  
75011 Paris - France  
tél. +33 (0)1 4314 7365  
fax +33 (0)1 4314 7599

<https://sciencescitoyennes.org>  
[contact@sciencescitoyennes.org](mailto:contact@sciencescitoyennes.org)

