



GLOSSAIRE

ÉTAMINE

Organe mâle de la fleur, qui produit le pollen. L'étamine est constituée de l'**ANTHÈRE**, partie supérieure qui contient le pollen, portée par une partie mince et allongée, le **FILET**.

PISTIL

Organe femelle de la fleur. Le pistil est formé d'un ou de plusieurs **CARPELLES**. La partie inférieure du pistil est l'**OVAIRE**, qui contient les ovules. L'ovaire est prolongé par le **STYLE**, qui porte le **STIGMATE** destiné à accueillir les grains de pollen.

COROLLE

Ensemble des **PÉTALES**.

CALICE

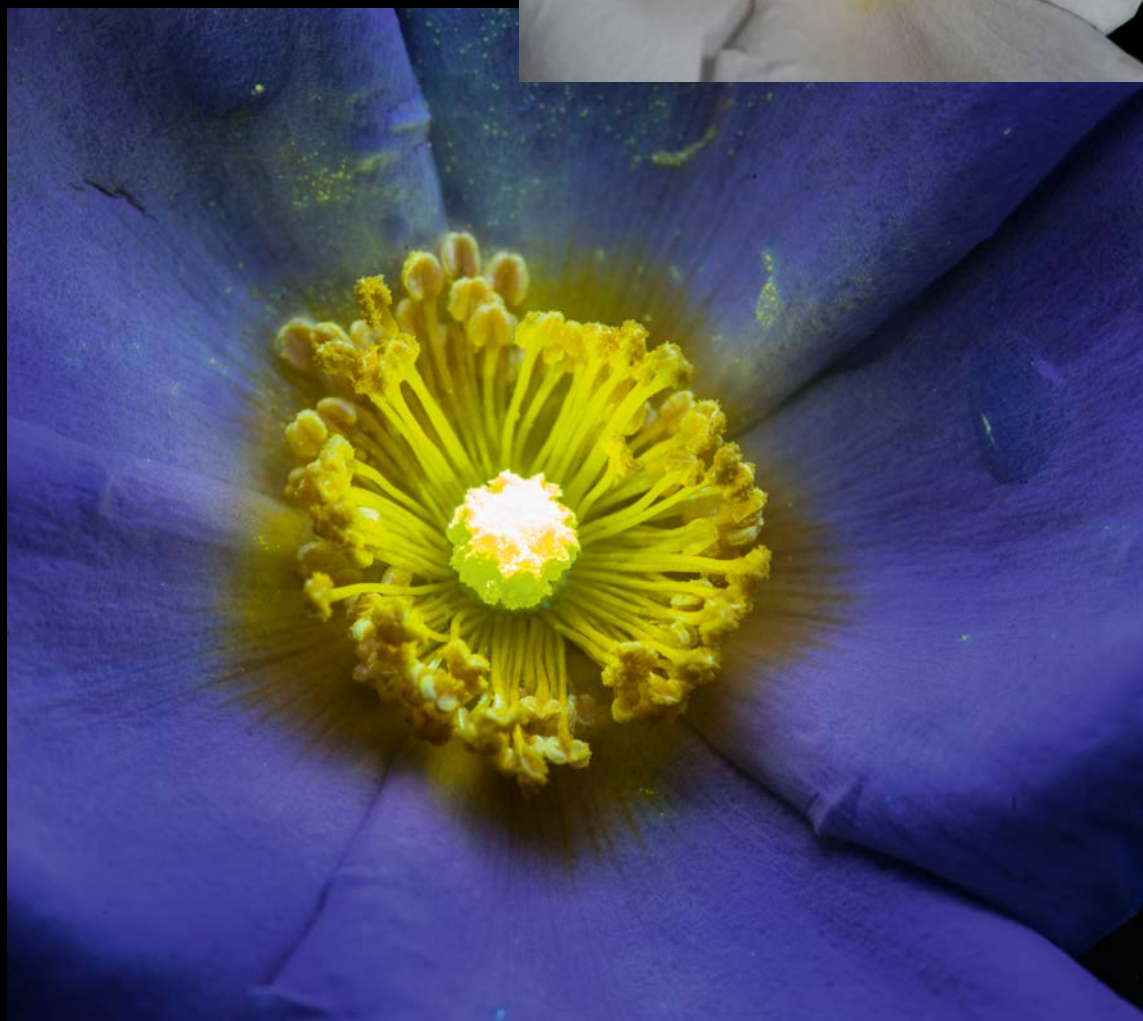
Ensemble des **SÉPALES**, à la base de la fleur.

CISTE À FEUILLES DE SAUGE (*CISTUS SALVIIFOLIUS*)

Ci-contre. Les cinq pétales blancs de la fleur sont ombrés de jaune à leur base. Une collerette de nombreuses étamines forme une cuvette orange vif, qui entoure un groupe de styles jaunâtres, courts, se terminant par des stigmates blancs.

Ci-dessous. L'ultraviolet fait apparaître les pétales bleu-violet, et la base bistre-jaune. Les stigmates émettent une vive luminescence blanche qui illumine les étamines d'une lueur jaune verdâtre. Les anthères bistre, ouvertes, libèrent du pollen luminescent blanc jaunâtre.

Sur les pétales, du pollen disséminé par des insectes forme des traînées luminescentes jaune pâle.



BIBLIOGRAPHIE

B. Valeur, **Lumière et luminescence**, Belin, 2017.

H. Angel, **Pollination Power**, Kew Publishing, 2015.

B. Valeur et E. Bardez, **La lumière et la vie, une subtile alchimie**, Belin/Pour la Science, 2015.

S. Tanzarella, **Perception et communication chez les animaux**, De Boeck, 2005.



L'ESSENTIEL

> Plusieurs dizaines d'habitants d'une ville soviétique sont morts de la maladie du charbon en 1979, à la suite d'un accident survenu dans une unité secrète de recherche et production d'armes biologiques.

> Les autorités militaires soviétiques ont longtemps caché la nature de cet incident,

qui aurait pu faire moins de victimes si les autorités civiles avaient été informées au moment où il s'est produit.

> Aujourd'hui, grâce aux recherches de scientifiques et aux témoignages recueillis, on sait plus précisément ce qui s'est passé et quelles étaient les caractéristiques des agents pathogènes fabriqués.

LES AUTEURS



PAUL KEIM
université de
l'Arizona du Nord,
aux États-Unis



DAVID H. WALKER
université du Texas
à Galveston,
aux États-Unis



RAYMOND
A. ZILINSKAS
institut Middlebury
à Monterey,
aux États-Unis

Des bacilles du charbon dans l'air soviétique

LES ARMES BIOLOGIQUES SONT DANGEREUSES POUR TOUT LE MONDE.
ILLUSTRATION AVEC UN ACCIDENT SURVENU EN UNION SOVIÉTIQUE
IL Y A PRÈS DE QUARANTE ANS, ET DONT ON CONNAÎT MIEUX
AUJOURD'HUI LES DÉTAILS.

Le 2 avril 1979, une poudre mystérieuse et invisible s'échappait d'une cheminée qui s'élevait 25 mètres au-dessus d'une base militaire soviétique, à 1 400 kilomètres à l'est de Moscou. Dans les semaines qui suivirent, au moins 80 habitants de Sverdlovsk, la ville voisine aujourd'hui nommée Iekaterinbourg, sont tombés malades de ce qui, à première vue, ressemblait à la grippe. Après quelques jours, cependant, ils développèrent notamment d'importantes hémorragies internes, et au moins 68 d'entre eux succombèrent à l'affection.

Quelques rares personnes de la base, appelée Complexe 19, savaient ce qui s'était passé : l'absence de certains filtres à air avait provoqué la fuite de spores bactériennes depuis une unité militaire secrète installée sur le site. Les spores provenaient d'une souche de bactéries *Bacillus anthracis*, responsables de la maladie du charbon (*anthrax* en anglais, ce mot désignant en français une maladie différente), et que l'on trouve à l'état naturel dans de nombreuses régions du monde. Mais ces spores particulières avaient la bonne taille pour être facilement inhalées dans les poumons, où elles peuvent faire le plus de dégâts. Une fois à l'intérieur du corps, les spores germent et adoptent la forme habituelle, en bâtonnet, du bacille. Les bactéries commencent alors à se multiplier, se propagent dans la circulation sanguine et attaquent >

> divers tissus. La forme respiratoire de la maladie du charbon tue habituellement en quelques jours, sauf si un traitement antibiotique est rapidement administré.

L'armée soviétique ne révéla cependant pas la nature de l'épidémie, pas même aux autorités locales de santé publique, qui auraient pu sauver plus de vies si elles avaient su de quoi il retournait. Malgré les efforts acharnés du KGB pour garder secret cet événement, la nouvelle de l'accident se diffusa à l'extérieur de la base à l'automne 1979.

UNE SURPRISE POUR LES SERVICES DE RENSEIGNEMENT OCCIDENTAUX

Ces informations stupéfièrent notamment les services de renseignement occidentaux, qui n'avaient décelé aucun indice suggérant que l'Union soviétique développait des armes biologiques – en violation flagrante d'un traité qui en interdit le développement, la production, l'accumulation et l'utilisation. Plus de cent pays, dont l'Union soviétique et les États-Unis, avaient signé en 1972 cette « Convention sur les armes biologiques ». Pourtant, les États-Unis n'ont pas porté plainte formellement contre l'Union soviétique.

Comme, dans les années 1970, la révolution du génie génétique avait déjà débuté, les spécialistes occidentaux du renseignement ont suspecté que les chercheurs soviétiques avaient génétiquement modifié *B. anthracis* à Sverdlovsk pour le rendre plus létal. Il a fallu trente-sept ans pour prouver que ce n'était pas le cas, comme nous le verrons plus loin.

L'Union soviétique finit par admettre qu'un certain nombre de personnes étaient mortes de la maladie du charbon autour de Sverdlovsk, mais nia que quoi que ce soit d'inhabituel fût survenu. La vraie cause de la tragédie, selon les autorités soviétiques, était la maladie du charbon sous sa forme gastro-intestinale, à la suite de la préparation et la consommation d'animaux infectés par des spores normalement présentes. Cette affirmation a été plus tard démentie par des experts internationaux, qui ont pu examiner des échantillons d'autopsie conservés par des pathologistes locaux.

Finalement, en 1992, le président russe Boris Eltsine admit que l'ex-Union soviétique avait mis en place un vaste programme de recherche et production d'armes biologiques. Bien qu'il ait déclaré avoir immédiatement ordonné la fermeture du programme, des documents déclassifiés ont, depuis, clairement montré que l'armée russe a simplement caché aux autorités civiles ce qui restait de cet effort.

Revenons à la maladie du charbon. Dans les conditions naturelles, cette affection touche surtout les animaux et a longtemps préoccupé les éleveurs, les trieurs de laine et les tanneurs.



Des colonies de *Bacillus anthracis* cultivées en boîte de Petri.

Vers 1876, le scientifique allemand Robert Koch fut le premier à prouver qu'un germe particulier (*B. anthracis*) provoquait la maladie du charbon. Quelques années plus tard, en 1881, Louis Pasteur développait un vaccin efficace contre cette maladie.

Koch a montré que ces bactéries prennent la forme de longs bâtonnets dans un environnement propice à une croissance rapide – tel que l'intérieur du corps d'un animal, humide et riche en nutriments. Mais en conditions arides, les microbes produisent des spores dures, quasi indestructibles, qui peuvent rester inactives longtemps. Lorsqu'on injectait ces spores à des souris saines, elles redonnaient des bacilles, ce qui déclenchait la maladie et tuait les animaux.

Le diagnostic précoce et le traitement de la maladie du charbon sont cruciaux pour la survie des personnes atteintes. Le taux de mortalité des infections non traitées dépend de la voie d'entrée des germes. Inhaler ne serait-ce que quelques spores peut être fatal sans traitement approprié. La mortalité des infections cutanées non traitées est d'environ 10%; celle de la forme gastro-intestinale est inconnue, mais estimée entre 25 et 60%.

Les stratégies militaires du xx^e siècle se sont vite rendu compte que l'on pourrait utiliser l'agent de la maladie du charbon pour créer de nouvelles armes de destruction massive. Ses avantages sont évidents. Séchées et gardées au frais, les spores du bacille du charbon résistent plusieurs années, ce qui permet une production à l'échelle industrielle et l'accumulation du matériel longtemps avant son utilisation sur le champ de bataille. De plus, tout sol contaminé par les spores le resterait pendant des décennies, ce qui affecterait sérieusement la capacité de l'ennemi à élever du bétail dans les champs touchés.

La forme respiratoire de la maladie offre un autre avantage à celui qui veut semer la terreur

en plus de la mort parmi la population civile: il est difficile de bien la diagnostiquer à ses débuts. Les symptômes initiaux sont souvent modérés: fièvre, fatigue et douleurs musculaires, qui rappellent la grippe ou la pneumonie. Plusieurs jours plus tard, les personnes atteintes développent soudain une détresse respiratoire, leurs lèvres bleuissent et des fluides commencent à s'accumuler dans leur poitrine; à ce stade, la mort est généralement inévitable. L'autopsie montre les motifs caractéristiques d'hémorragies internes dans les ganglions lymphatiques proches des poumons et dans les tissus qui entourent le cerveau.

Aucun étranger n'a jamais été admis dans l'enceinte du Complexe 19 – sans parler de son institut de microbiologie, où l'accident s'est produit. Au cours des dernières décennies, cependant, et particulièrement après la dissolution de l'Union soviétique en 1991, nous et d'autres avons pu reconstituer une chronologie de l'accident. Nous avons mené de nombreux entretiens avec des scientifiques, médecins et techniciens qui travaillaient à Sverdlovsk ou qui avaient des collègues à l'intérieur de l'institut. La plupart des faits qui suivent ont été publiés par nous ainsi que par des transfuges soviétiques.

LA CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT RECONSTITUÉE

Sur la base de ces informations, le programme soviétique d'armement biologique aurait démarré en 1928. À son apogée, à la fin des années 1980, il employait environ 60 000 personnes. *Bacillus anthracis* est rapidement devenu l'un des pathogènes les plus importants du programme. Les recherches ont montré qu'on pouvait facilement le militariser, c'est-à-dire le produire sous une forme stable, susceptible d'être dispersée massivement.

Lorsqu'un laboratoire militaire fut installé en 1949 sur le site d'une ancienne école d'infanterie près de Sverdlovsk, il se trouvait bien au-delà des limites de la ville. Quinze ans plus tard, cependant, la ville avait grandi et s'étendait alors autour de l'installation secrète. Malgré la proximité de la population civile, le ministère de la Défense décida de moderniser l'installation dans les années 1960 afin qu'elle puisse produire les tonnes de spores de *B. anthracis* nécessaires à un programme fiable d'armement biologique. (Les États-Unis avaient installé de telles unités de production – ultérieurement démantelées – dans l'Arkansas, au milieu des années 1950.)

Les Soviétiques ont équipé un bâtiment de quatre étages à Sverdlovsk de cuves de fermentation pour cultiver *B. anthracis* et d'appareils de séchage pour forcer les bactéries à produire des spores – étapes normales pour une production industrielle. La vraie innovation repose dans les étapes suivantes. Certains produits chimiques (nous ignorons encore lesquels) étaient ajoutés

pour que les spores ne s'agrégent pas, ce qui formerait des particules trop grosses pour s'introduire dans les poumons. La substance obtenue était alors desséchée et broyée en une fine poudre, capable de pénétrer profondément dans les voies respiratoires. Le produit fini était stocké dans des fûts en inox.

Inévitablement, tout ce processus entraînait la dispersion de spores mortelles dans le bâtiment. Les employés portaient de grosses combinaisons (hazmat) de protection, mais l'air devait également être filtré avant d'être évacué à l'extérieur. La solution était assez simple. Par exemple, les flux contaminés émanant de chaque séchoir passaient à travers une série de filtres qui en éliminaient les grosses particules, telles que la poussière ordinaire, et les petites, telles que les spores du bacille du charbon.

Le 2 avril 1979, alors que les séchoirs étaient éteints, l'équipe de jour de l'unité de production retira deux filtres pour vérifier leur état de fonctionnement. Cette équipe déclarera plus tard qu'elle avait averti le centre des opérations qu'il ne fallait pas utiliser le séchoir correspondant avant que ces filtres soient remplacés. Mais, pour une raison inconnue, l'équipe de nuit ne fut pas informée et, en prenant son service, enclencha le cycle habituel de production et séchage. Comme certains filtres de la série manquaient, un autre se retrouva bouché et éclata, ce qui entraîna une augmentation soudaine de la pression de l'air dans le système d'aération.

Un ouvrier remarqua tout de suite l'incident et les 30 à 40 membres de l'équipe de nuit se précipitèrent pour arrêter le système. Mais le processus de production, complexe, ne pouvait

Le programme soviétique d'armement biologique aurait démarré en 1928

être stoppé immédiatement; cela prit trois heures, durant lesquelles un nombre inconnu de spores s'échappèrent de la cheminée.

SILENCE DES AUTORITÉS

Après que l'équipe de nuit comprit ce qui venait de se passer, son chef informa le commandant du Complexe 19, le général >

À PROPOS DES AUTEURS



PAUL KEIM
est directeur exécutif de l'Institut du pathogène et du microbiome à l'université de l'Arizona du Nord, à Flagstaff.



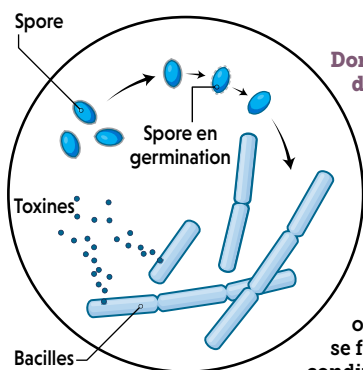
DAVID H. WALKER
est directeur exécutif du Centre pour la biodéfense et les maladies infectieuses émergentes de l'université du Texas à Galveston.



RAYMOND A. ZILINSKAS
dirige le programme de non-prolifération des armes chimiques et biologiques à l'Institut Middlebury d'études internationales.

TROIS FORMES DE LA MALADIE DU CHARBON

La maladie du charbon est due à la bactérie *Bacillus anthracis* et se manifeste sous différentes formes selon le mode de pénétration dans l'organisme (voir ci-contre). Lorsque l'infection atteint la circulation sanguine, elle peut rapidement devenir fatale. Naturellement répandue dans le monde, la bactérie *B. anthracis* a plusieurs propriétés qui font d'elle un agent potentiellement hautement efficace pour des armes biologiques. Notamment, elle produit des spores très résistantes que l'on peut traiter de façon qu'elles ne s'agglomèrent pas et qu'elles puissent pénétrer profondément dans les poumons, où elles déclenchent la forme la plus létale de la maladie du charbon.



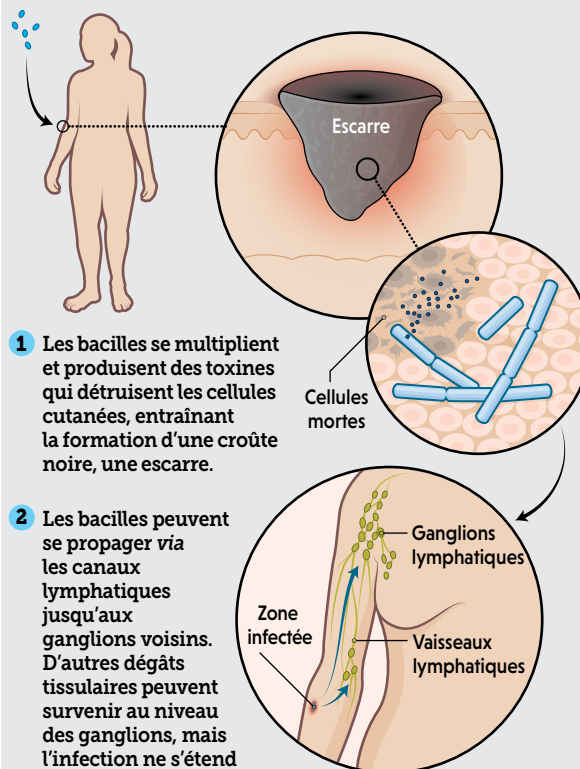
Dormance sous forme de spores

L'agent de la maladie du charbon peut exister sous deux formes : soit un bacille en forme de bâtonnet, qui peut se multiplier et libérer des toxines, soit une spore dure qui est en état de dormance, ou biostase. Les spores se forment lorsque les conditions sont trop sèches.

Mais lorsque les conditions sont bonnes – comme à l'intérieur du corps, humide et riche en nutriments –, les spores germent et donnent naissance à de nombreux bacilles infectieux.

Forme cutanée

Depuis des siècles et jusqu'à nos jours, la forme la plus commune et la moins létale de la maladie du charbon se déclare lorsque *B. anthracis* infecte la peau et forme une lésion qui ressemble, au début, à une morsure d'araignée.



1 Les bacilles se multiplient et produisent des toxines qui détruisent les cellules cutanées, entraînant la formation d'une croûte noire, une escarre.

2 Les bacilles peuvent se propager via les canaux lymphatiques jusqu'aux ganglions voisins. D'autres dégâts tissulaires peuvent survenir au niveau des ganglions, mais l'infection ne s'étend généralement pas jusqu'à la circulation sanguine.

> V. V. Mikhaylov, de l'accident. Ce dernier avertit l'état-major du ministère de la Défense, à Moscou, qui lui demanda de garder le silence. Le KGB confisqua par la suite tous les rapports médicaux et les rapports d'autopsie des victimes. Des experts ont plus tard estimé qu'entre 0,5 et 1 kilogramme de matière contaminée, contenant entre quelques milligrammes et 1 gramme de spores, s'était échappé. En admettant que les spores étaient viables et largement dispersées, elles auraient pu infecter plusieurs centaines de milliers d'habitants de Sverdlovsk, qui en comptait plus de 1,2 million. Heureusement, les vents dominants soufflaient à l'écart du centre urbain et vers des zones moins densément peuplées.

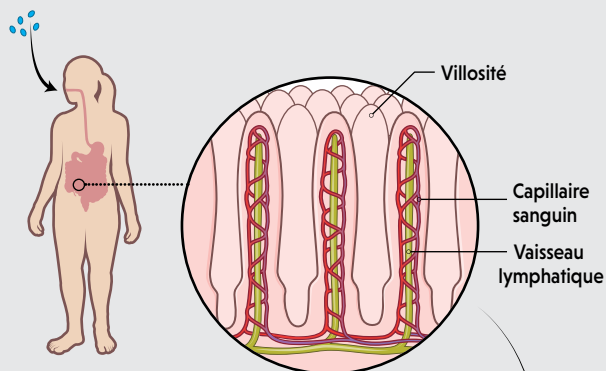
Petit à petit, nous en avons appris davantage sur la biologie de la souche de *B. anthracis* responsable de la tragédie de Sverdlovsk. Dans les années 1990, par exemple, Matthew Meselson, de l'université Harvard, a dirigé une

équipe d'experts sur deux études médicales et épidémiologiques différentes à Sverdlovsk. Les progrès des biotechnologies ont également permis d'analyser plus en détail les échantillons que les médecins russes avaient partagés avec les équipes internationales dans les années 1990, période plus coopérative. L'un de nous (David Walker) a accompagné Matthew Meselson lors du premier voyage et a rencontré les pathologistes locaux pour mieux comprendre les événements. Plus tard, l'un d'eux, Lev Grinberg, a apporté aux États-Unis des échantillons d'autopsie des victimes pour une étude plus poussée. Un autre d'entre nous (Paul Keim) a travaillé avec Paul Jackson, alors au Laboratoire américain de Los Alamos, pour extraire l'ADN des échantillons, ce qui a confirmé que les victimes étaient mortes de la maladie du charbon.

D'autres scientifiques ont ultérieurement mis en évidence une signature génétique unique

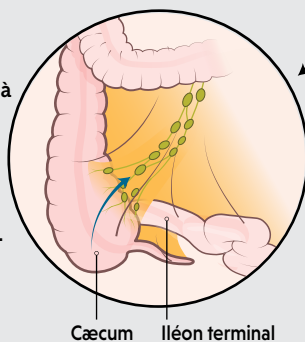
Forme gastro-intestinale

Les animaux vivant en troupeau sont particulièrement vulnérables à la maladie du charbon. En mangeant de la viande d'animaux malades, on peut contracter une infection au niveau des intestins, surtout si la viande est mal cuite.

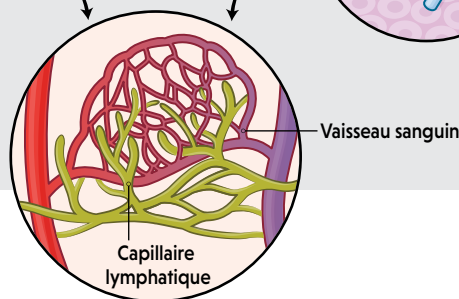


1 Bien que le mécanisme exact reste à préciser, les bactéries infectent les villosités de la paroi intestinale, vers l'extrémité de l'intestin grêle (iléon terminal).

2 Les bacilles se propagent parfois au-delà du système gastro-intestinal, à travers les vaisseaux lymphatiques.

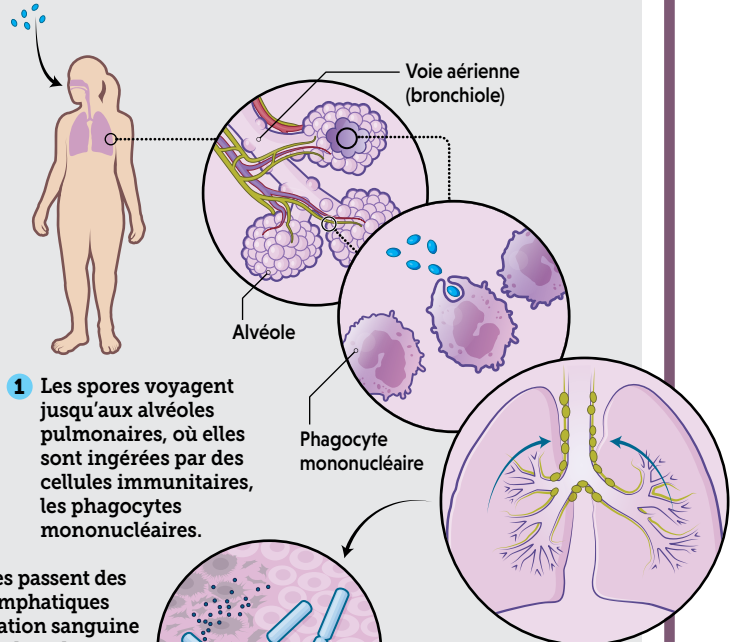


3 Les bacilles passent des canaux lymphatiques à la circulation sanguine et se répandent dans tout le corps.



Forme respiratoire

Cette forme la plus mortelle de la maladie apparaît lorsque les spores de *B. anthracis* sont inspirées. Les échantillons d'autopsie de l'épidémie de 1979 dans la ville de Sverdlovsk prouvent que les victimes sont mortes de cette maladie.



1 Les spores voyagent jusqu'aux alvéoles pulmonaires, où elles sont ingérées par des cellules immunitaires, les phagocytes mononucléaires.

2 Quand les spores atteignent les ganglions lymphatiques de la poitrine, elles se muent en bacilles, qui se multiplient et sécrètent des toxines.

de la souche de Sverdlovsk, notée *B. anthracis* 836. Grâce à cette empreinte moléculaire, les scientifiques peuvent désormais traquer cette souche au niveau global. En 2001, les chercheurs ont ainsi déterminé que l'attaque à la lettre piégée aux bacilles du charbon, qui a tué cinq personnes aux États-Unis, n'avait pas utilisé la souche de Sverdlovsk.

LE GÉNOME BACTÉRIEN RECONSTITUÉ

Enfin, en 2015, les avancées technologiques ont permis à Paul Keim et d'autres de reconstituer la séquence complète du génome de *B. anthracis* à partir des échantillons d'autopsie de deux victimes de Sverdlovsk. L'analyse, publiée en 2016, a montré que la souche *B. anthracis* 836 appartenait à un groupe bien connu, nommé Trans-Eurasia. De plus, les auteurs de l'étude n'ont trouvé aucune preuve de modifications génétiques destinées à

augmenter la virulence ou la résistance aux antibiotiques, ou à altérer la protection vaccinale.

Nul ne sait si des lots de *B. anthracis* produits par l'Union soviétique existent toujours. Dans les années 1990, à la suite d'un accord conclu entre les États-Unis, l'Ouzbékistan et le Kazakhstan, plusieurs tonnes de matériel contenant des spores ont été inactivées et certaines unités de production de ces républiques de l'ex-Union soviétique ont été converties à un usage civil, et ce sous l'œil vigilant de scientifiques internationaux. Cependant, en Russie, aucun groupe étranger n'a été autorisé à visiter, ni *a fortiori* à inspecter, les trois instituts du ministère de la Défense ou les cinq centres civils « antiépidémiques » qui ont joué un rôle dans la recherche et la production d'agents pour armes biologiques. Ce manque de transparence et divers autres indices laissent hélas planer un soupçon sur la poursuite par la Russie d'un programme d'armement biologique... ■

BIBLIOGRAPHIE

E. Aucouturier, **La Guerre biologique. Aventures françaises**, Éditions Matériologiques, 2017.

A history of anthrax, Centers for Disease Control and Prevention, 2016 : www.cdc.gov/anthrax/resources/history

C. Boddie et al., **Assessing the bioweapons threat**, *Science*, vol. 349, pp. 792-793, 2015.

M. Leitenberg et R. A. Zilinskas, **The Soviet Biological Weapons Program : A History**, Harvard Univ. Press, 2012.

R

ENDEZ-VOUS

P.74 Logique & calcul
 P.80 Art & science
 P.82 Idées de physique
 P.86 Science & fiction
 P.92 Chroniques de l'évolution
 P.96 Science & gastronomie
 P.98 À picorer

TRIVIAL, MAIS PUISSANT: LE PRINCIPE DES TIROIRS

Le «principe des tiroirs» est une évidence. Pourtant, depuis son introduction en théorie des nombres par Dirichlet, au XIX^e siècle, il s'est révélé être un levier de raisonnement d'une déconcertante efficacité.

L'AUTEUR



JEAN-PAUL DELAHAYE
 professeur émérite
 à l'université de Lille
 et chercheur au Centre
 de recherche en
 informatique, signal
 et automatique de Lille
 (Cristal)

Une vérité totalement évidente peut-elle être utile? Il semble que oui. Le principe des tiroirs, *pigeonhole principle* en anglais, ne fait qu'affirmer une vérité générale, simple et indubitable. Nous allons voir que, pourtant, s'appuyer sur lui produit d'intéressants et puissants résultats.

Le principe des tiroirs

Soit un meuble comportant n tiroirs dans lequel sont rangés m objets. Si $m > n$, alors au moins l'un des tiroirs contient deux objets ou plus.

Ce principe a été utilisé dans deux publications de 1842 du mathématicien allemand Johann Dirichlet qui, à ce moment-là, ne le nommait pas. Dans des publications ultérieures, il utilisera le mot *Schubfachprinzip* («principe des tiroirs» en allemand). Il est cependant difficile de savoir qui a vraiment été le premier à utiliser ce principe pour formuler un raisonnement mathématique. Il a très bien pu être découvert ou mis en œuvre sans même être explicité à n'importe quel instant depuis que les mathématiques existent.

Dans une étude historique publiée en 2014, Benoît Rittaud, de l'université Paris-13, et Albrecht Heeffer, de l'université de Gand, ont mis en évidence des utilisations du principe deux siècles avant Dirichlet (voir l'encadré 1). Reste que, presque toujours, on rapporte le principe à Dirichlet: on ne prête qu'aux riches. L'utilisation qu'en a fait Dirichlet a produit un résultat remarquable dont personne ne peut dire qu'il est évident.

La célèbre démonstration de Dirichlet est expliquée dans l'encadré 3 avec quelques conséquences et des détails montrant que le résultat est, en un sens, le meilleur possible.

TROIS EXEMPLES

À titre d'illustration de la puissance du principe des tiroirs, nous présentons une série d'exemples le mettant en œuvre, dans un ordre de difficulté croissante.

Résultat 1. Si $k+1$ nombres entiers (notés $n_0, n_1, \dots, n_k$) sont donnés, on peut en trouver deux dont la différence est un multiple de k . En particulier, si quatre nombres a, b, c et d sont donnés, il y en a deux dont la différence est un multiple de 3.

Démonstration. Prenons les nombres un à un et mettons-les dans k tiroirs portant les numéros $0, 1, \dots, k-1$. Pour ranger le nombre x , on calcule le reste de la division de x par k , et ce reste indique le tiroir où le déposer. D'après le principe des tiroirs, deux nombres se retrouveront dans un même tiroir. Puisque ces deux nombres ont le même reste quand on les divise par k , leur différence donne un reste nul quand on la divise par k . Leur différence est ainsi un multiple de k .

Résultat 2. Si l'on se donne 10 entiers quelconques composés de deux chiffres, il existe parmi eux deux sous-ensembles disjoints de nombres ayant la même somme. Par exemple, si l'on se donne $\{23, 35, 44, 61, 68, 70, 71, 82, 83, 95\}$, on trouvera que $\{23, 35, 95\}$ donne la même somme que $\{71, 82\}$: $23+35+95=153=71+82$.

Démonstration. Les sous-ensembles possibles de notre ensemble de 10 entiers sont au nombre de $2^{10}=1024$, car pour constituer un tel sous-ensemble, on opère 10 fois de suite le choix binaire: prendre le nombre ou ne pas le prendre. Quels nombres peut-on atteindre en faisant la somme des nombres de nos sous-ensembles? Un sous-ensemble comporte de 0 à 10 nombres compris entre 10 et 99; la somme



Jean-Paul Delahaye a récemment publié: **Les Mathématiciens se plient au jeu**, une sélection de ses chroniques parues dans *Pour la Science* (Belin, 2017).