



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

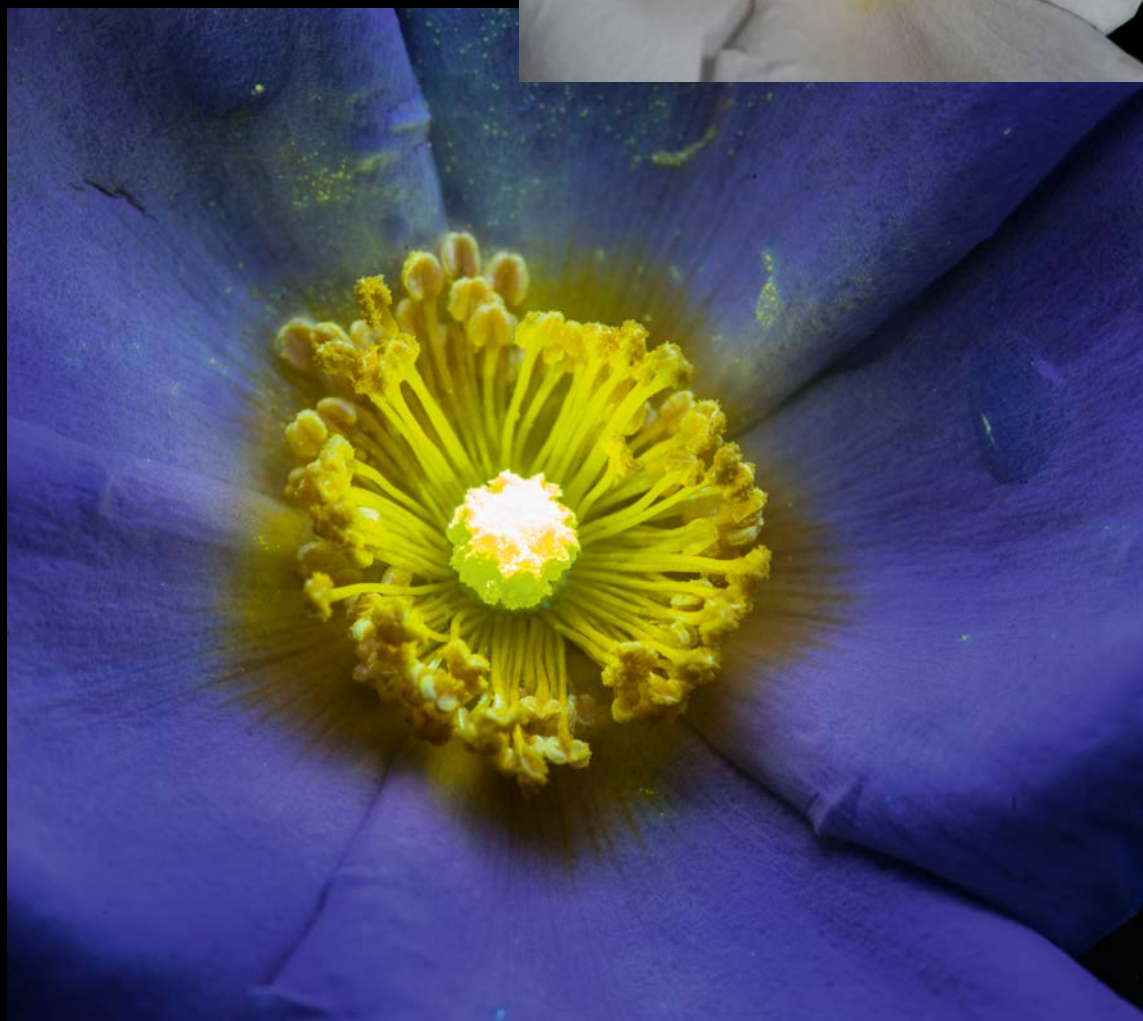
Ensemble des **SÉPALES**, à la base de la fleur.

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'agrègent 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.