

Les scorpions : une menace grandissante

Dans les villes mexicaines en croissance rapide, les scorpions pullulent.

Dans l'État de Guanajuato, au Mexique, 800 000 personnes sont piquées chaque année par des scorpions venimeux. Ce nombre augmente tous les ans : la mortalité associée est inconnue, car, dans ce pays pauvre, les données cliniques et statistiques qui permettraient d'imputer le décès à cet animal sont rares. Cela étant, il n'existe pas de scorpions inoffensifs, et la piqûre des scorpions *Centruroides* est souvent mortelle, surtout chez les enfants et les personnes âgées.

Le développement du tourisme et le déplacement des populations des campagnes vers les villes ont pour conséquence une nouvelle cohabitation avec des animaux venimeux, scorpions et serpents. Dans les agglomérations, les espèces redoutables viennent en contact de l'homme par le biais des systèmes de canalisation, de câblage, des caisses d'aliments ou des cartons servant à tout type de conditionnement ou de transport.

Les scorpions sont des animaux «domestiques» : ils se cachent dans les habitations durant la nuit et sortent la nuit. De plus, ils sont extraordinairement résistants : nous avons observé, dans notre laboratoire, des spécimens survivant à plus de huit mois de jeûne. Ainsi un scorpion caché dans une *palapa* – ces toits coniques faits de feuilles de palme –, dans un tronc, dans une plante, sous une tuile, peut attendre trois ans avant de se manifester. Les scorpions supportent l'enfouissement, la noyade, et les pesticides chimiques auxquels ils se sont remarquablement adaptés. De plus, les scorpions que nous avons observé sont prolifiques : certaines femelles sont même parthénogénétiques, elles ne nécessitent pas de mâles pour donner des portées de 50 petits.

Les moyens de lutte contre les scorpions sont à repenser dans le contexte d'un tourisme nécessaire à la vie économique du pays. La seule défense adoptée jusqu'à une date récente était l'aspersion systématique de pesticides chimiques semblables aux gaz de combat utilisés durant la Seconde Guerre mondiale ou la guerre du Golfe (tabun,



Maison touristique de la côte pacifique de Jalisco Mexique. Le toit en feuilles de palme (*palapa*) abrite des populations de scorpions.

sarin...). Ces molécules, modérément toxiques pour les scorpions, le sont plus encore pour les animaux et l'homme. De plus, elles détruisent les populations de bactéries, ce qui appauvrit et stérilise les sols, et interdit leur utilisation dans les zones agricoles proches des villes, zones qui approvisionnent ces dernières en nourriture... et en scorpions.

Il n'existe pas d'insecticide spécifique contre les scorpions, et les résultats observés sont décevants. Aussi faut-il utiliser d'autres méthodes d'éradication. Comme les scorpions sont essentiellement nocturnes, nous avons mis en place un programme de capture systématique utilisant des lampes portables de lumière ultraviolette ; ces lampes permettent de voir les scorpions, car ils apparaissent illuminés de vert phosphorescent. Tout spécimen de scorpion rencontré pendant un contrôle était capturé, identifié et analysé.

La méthode conjointe de contrôle végétal est novatrice et efficace : au cours des contrôles, nous avons constaté la présence de nombreux scorpions dans les arbres (jusqu'à plus de cinq mètres de hauteur), dans les branches passant au-dessus des murs de protection des maisons. De plus, certains piliers étaient réalisés en troncs de palmiers, coupés à hauteur d'un mètre où le décollement entre l'écorce et la pulpe du tronc offrait autant de poches propices à la constitution de nids de scorpions. Leur élimination et les autres mesures ont été efficaces : disparition totale de scor-

pions dans ces habitations sans utilisation de pesticides.

Nous avons disposé des rangées de tuiles de protection placées à environ 20 centimètres de la base d'implantation du mur dans le sol. Les pas de porte sont munis d'un canal profond de 20 centimètres, connecté au dispositif de tuiles de protection et tapissé en totalité de ces mêmes tuiles. Tout scorpion tombant dans ce canal y reste piégé, car il ne peut en escalader les parois, ni les joints reliant les tuiles.

Ce contrôle écologique original des scorpions libère les populations locales du poids de leur pauvreté : nombre de personnes ne peuvent supporter le coût des traitements médicaux, les heures de travail perdues, pas plus qu'elles ne peuvent payer les insecticides. D'autre part, le développement explosif du tourisme sature les possibilités de soin des centres de secours locaux, et l'apparition de pathologies nouvelles dépasse souvent l'expérience ou le savoir des médecins en charge. Enfin l'utilisation excessive de pesticides nuit à la santé publique tout en déséquilibrant les écosystèmes locaux.

Le programme de contrôle écologique a diminué, en trois années, de 99 pour cent la population totale de scorpions dans les habitations, les locaux techniques et les jardins du développement touristique tout en éliminant presque totalement l'utilisation de pesticides.

Xavier BRUNEAU, Halima DJEGHOUT, Cesar GARCIA. Univ. de Guadalajara

Maxim Kontsevitch

Médaille Fields 1998.

Tous les quatre ans, le Congrès international des mathématiciens remet les médailles Fields. Cette année, le 18 août, à Berlin, la communauté mathématique a couronné Maxim Kontsevitch, professeur permanent à l'Institut des hautes études scientifiques (IHES), à Bures-sur-Yvette, Curtis McMullen, de Harvard, Richard Borcherds et Timothy Gowers de Cambridge.

Comment devient-on lauréat de la médaille Fields ? Une façon de faire consiste peut-être à naître à Moscou en 1964, comme M. Kontsevitch, à quitter la Russie pour l'Allemagne en 1991, avant de s'installer à Berkeley, puis à l'IHES en 1996. Le lieu d'origine a son importance : selon M. Kontsevitch, Moscou fut un haut lieu des mathématiques comme il n'y en a plus aujourd'hui ; Boston ou Paris en donnent un avant-goût, mais la concentration de mathématiciens ou, plus simplement, de personnes intéressées par les mathématiques était hors norme.

L'entourage familial est un second ingrédient important : guidé par une mère ingénieur et par un père spécialiste d'histoire médiévale de la Corée, M. Kontsevitch est un bon élève, qui a de bons résultats aux Olympiades de mathématiques dès l'âge de 14 ans. Pourquoi les mathématiques ? Parce que son frère (aujourd'hui spécialiste de vision par ordinateur) lui en avait donné le goût en lui montrant que les règles du monde mathématique structurent celles du monde réel, qu'il y a un plaisir supplémentaire à évoluer dans un monde abstrait, qui se superpose au monde concret où nous vivons tous.



1. Maxim Kontsevitch.

On peut même voyager dans ce monde mathématique : M. Kontsevitch étonne par la diversité des sujets qu'il a abordés, de la géométrie classique à la géométrie différentielle, de la combinatoire à la physique mathématique, en passant par l'étude des systèmes dynamiques... Dans chaque champ, il cherche à comprendre les formules par la géométrie ou, mieux, il en cherche un sens profond.

Bien des résultats obtenus par M. Kontsevitch sont difficiles d'accès, même dans leur formulation. D'autres sont d'énoncé plus simple, même si la résolution est complexe. Ainsi, il y a deux ans, M. Kontsevitch s'est intéressé aux « cartes d'échange » : on divise au hasard l'intervalle des nombres réels compris entre 0 et 1, et l'on intervertit les morceaux afin de reconstituer un intervalle de même longueur. Par une telle opération, un nombre est projeté en un autre endroit, ce qui définit une transformation. Choisissons maintenant un segment S plus petit que l'intervalle $[0, 1]$. Quand on applique la transformation à un nombre choisi au hasard dans l'intervalle $[0, 1]$, on obtient un autre nombre de l'intervalle. Puis on applique la transformation à ce nouveau nombre et on obtient un troisième nombre, etc. Quand on répète N fois la transformation, on passe n fois par le segment S ; la fréquence n/N de ces passages est proportionnelle à la longueur du segment, plus des corrections où N apparaît à une puissance p (voir la figure 2).

On peut calculer cette puissance p par ordinateur. Pour un intervalle que l'on découpe en quatre morceaux de longueurs quelconques, le mathématicien russe Anton Zoritch, aujourd'hui à l'Université de Rennes, a initialement calculé par ordinateur que la puissance était 0,333. A. Zoritch et M. Kontsevitch se sont étonnés de trouver un nombre si simple, et ils ont calculé la puissance avec davantage de précision : ils ont obtenu 0,333333... Était-ce $1/3$? Pour un intervalle divisé en cinq morceaux, la puissance était proche de 0,500... : $1/2$, peut-être ? Et, pour d'autres divisions, des nombres qui semblaient rationnels apparaissaient.

Partant de ces observations, M. Kontsevitch a examiné mathématiquement le problème et démontré que les puissances étaient effectivement rationnelles : il s'agissait de nombres nommés exposants de Lyapounov, qui s'introduisent dans des problèmes variés.

Au cours de ce travail mathématique, M. Kontsevitch trouva des relations avec la théorie des cordes : manifestement, un autre ingrédient, pour confectionner un lauréat Fields, est de lui communiquer une grande culture, afin qu'il reconnaisse dans une partie des mathématiques des éléments provenant d'un champ très différent.

BRÈVES

Camelot découvert ?

Les archéologues anglais qui fouillent les ruines du château construit au début du XIII^e siècle à Tintagel, en Cornouailles, n'en ont pas cru leurs yeux : une pierre de réemploi porte une inscription latine du VI^e siècle qui mentionne le nom d'« Artognou », version latine d'Arthur. Cette découverte confirmerait la tradition qui place à Tintagel Camelot, légendaire château d'Arthur et siège de la Table ronde. La légende aurait donc un fondement historique. Retrouverons-nous un jour Merlin, prisonnier pour l'éternité des sortilèges de la fée Viviane ? Nous en serions aussi enchantés.

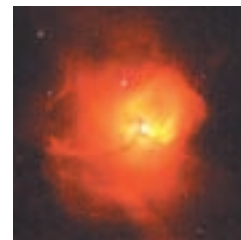


Calculs infectieux ?

Les calculs rénaux et diverses maladies associées à la calcification des tissus sont-ils d'origine infectieuse ? E. Kajar et N. Ciftcioglu, de l'Université de Kuopio, en Finlande, ont découvert, en particulier dans des échantillons de sang humain, des bactéries de 50 à 500 nanomètres de diamètre qui déposent du phosphate de calcium lorsqu'elles sont cultivées dans des conditions proches de celles qui règnent dans notre corps. Seule la présence de sérum semble bloquer cette production. Les analyses de 30 calculs rénaux humains ont toutes révélé la présence de ces bactéries.

Étoiles lumineuses

À l'aide du télescope spatial *Hubble*, Mohammed Heydari-Malayeri de l'Observatoire de Paris, et ses collègues ont découvert une région du Petit nuage de Magellan, riche en hydrogène, où se forment quantité d'étoiles géantes (les phénomènes caractéristiques de la formation des étoiles y sont exacerbés : vents stellaires violents, ondes de choc). Une autre particularité intéressante est que les étoiles de cette galaxie sont pauvres en éléments lourds, comme les étoiles formées au début de l'Univers. Leur étude éclairera la genèse des étoiles primitives.



Suite page 20

La nage des ancêtres

Voici 530 millions d'années, la faune se diversifie et les océans se peuplent d'animaux aujourd'hui disparus. Pour comprendre la nage de l'*Anomalocaris*, l'un des plus gros d'entre eux, Y. Usami, de l'Université Kanagawa, a modélisé la forme de la créature à partir de fossiles retrouvés dans les schistes de Burgess, au Canada, puis l'a animée en utilisant un «algorithme génétique». Cet algorithme améliore la nage : après plusieurs «générations», l'*Anomalocaris* artificiel nage efficacement, comme les raies aujourd'hui. C'était vraisemblablement un prédateur efficace.



Sevrage retardé

Pourquoi les nourrissons sénégalais nourris au sein plus longtemps sont-ils aussi les plus petits et les plus maigres ? Le lait maternel ne suffit-il pas à leur croissance ? Pendant sept ans, des nutritionnistes de l'ORSTOM ont suivi plus de 4 500 enfants d'une région rurale : ils observent que les mères choisissent de garder au sein les enfants qui présentent des signes de malnutrition, augmentant ainsi leurs chances de survie. La durée de l'allaitement est d'autant plus longue que les enfants présentent des retards de croissance.

À vous tourner la tête

Les montagnes russes sont-elles un amusement sans danger ? Selon Valérie Biousse de l'hôpital Lariboisière, à Paris, ces courses folles déclencheraient parfois des séquelles neurologiques. En examinant quatre personnes qui souffraient de maux de têtes persistants consécutifs à un tour de montagnes russes, les neurologues ont décelé de petites hémorragies dans la paroi de l'artère cervicale et de petits accidents vasculaires cérébraux.

ADN excrété

La paléocoprologie est née : une équipe composée notamment de biologistes de l'Institut Max Planck, à Munich, a extrait de l'ADN d'excréments datés d'environ 20 000 ans et recueillis dans une grotte, à 30 kilomètres de Las Vegas, dans le Nevada. Ces déchets ont été produits par une espèce de paresseux terrestre aujourd'hui disparue et dont des ossements avaient été retrouvés dans la grotte. Cette analyse a aussi révélé le régime alimentaire de l'animal, à base de câprier, de moutarde et de yucca.

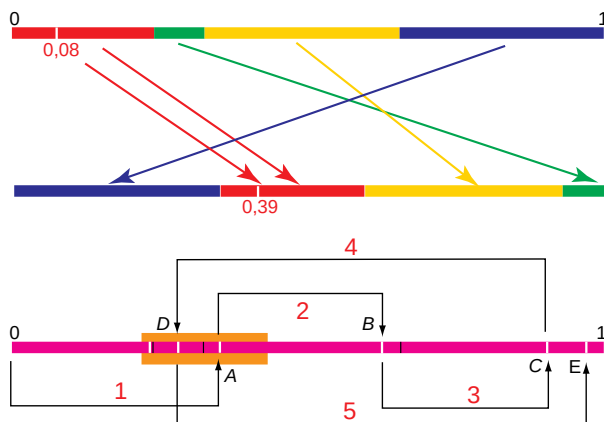
Suite page 22

Cette théorie des cordes, chère aux physiciens théoriciens, M. Kontsevitch y revient souvent. Inventée il y a une quinzaine d'années, elle décrit les interactions de particules subatomiques, et les physiciens théoriciens cherchent à l'utiliser pour réconcilier la mécanique quantique et la théorie de la relativité. Les cordes sont des surfaces de l'espace-temps ; certaines, des boucles qui vibrent, décrivent les particules subatomiques.

Pour M. Kontsevitch, le résultat sur les cartes d'échange était inattendu ; c'est un de ceux qui naissent sans douleur, mais, souvent, le mathématicien doit se faire orpailleur : il doit tamiser longtemps la rivière de l'esprit pour en recueillir les pépites. Dans cette recherche, on ne doit pas se laisser pousser par le vent, mais, inversement, le travail ne doit pas être acharné, car les problèmes dégénèrent quand on y pense trop longtemps de façon exclusive. Le poète Olivier de Magny pensait-il aux mathématiques en écrivant : «Dans la mesure où un auteur réussit trop bien à communiquer son message conscient, les Dieux, jaloux de lui, refusent leur collaboration» ? En tout cas, M. Kontsevitch préfère étudier plusieurs problèmes à la fois, de sorte que plusieurs recherches se fassent inconsciemment, en parallèle. Il ne se concentre que pendant quelques heures, puis il teste des conjectures à la main, fait des essais variés. Il utilise aussi beaucoup le réseau Internet pour discuter – de mathématiques – avec ses amis.

Collaboration, échange, goût de la discipline... Ces ingrédients suffisent-ils à donner une médaille Fields ? Selon Jean-Pierre Bourguignon, directeur de l'IHES, M. Kontsevitch n'a pas utilisé de «recette», pour obtenir la médaille Fields : il ne l'a pas cherchée, et s'est contenté de faire des mathématiques avec bonheur, en compagnie de nombreux amis mathématiciens.

Ainsi, en 1992, alors qu'il étudiait des objets que l'on nomme des groupes quantiques, M. Kontsevitch considéra la classification des nœuds. Le problème est lancinant, en mathématiques : étant donné deux fils noués, comment déterminer si les nœuds sont identiques ou différents ? M. Kontsevitch «sécha» longtemps, mais il trouva finalement une issue : on part d'un



2. Le problème des cartes d'échange se pose quand on définit une transformation qui projette tout nombre réel de l'intervalle $[0, 1]$ sur un autre nombre du même intervalle. Plus précisément, on divise l'intervalle en segments (quatre sur la figure supérieure) que l'on intervertit. Ainsi un nombre de l'intervalle (0,08, par exemple) est projeté vers un autre nombre, en conservant sa place relative dans l'intervalle où il se trouvait initialement (0,08 est ainsi associé à 0,39). On s'intéresse alors aux propriétés des itérations de cette transformation : dans la partie inférieure de la figure, on a représenté les points obtenus à partir de 0 : 0 est projeté en A (opération 1), qui est projeté en B (opération 2), qui est projeté en C (opération 3), etc.

point sur un nœud fermé et on numérote les croisements. Les calculs effectués sur ces indices conduisent à un invariant, c'est-à-dire un nombre qui est identique pour deux nœuds équivalents.

Géométrie algébrique, physique quantique, analyse... Que de champs explorés ! Problèmes nouveaux, problèmes anciens... M. Kontsevitch cherche toujours le sens profond, et la compréhension du sens le conduit à des solutions. Cette stratégie s'enseigne-t-elle ? C'est à l'École normale supérieure que M. Kontsevitch transmet aujourd'hui ses idées... sous la forme de séminaires où il présente ses résultats récents. Pour un enseignement à des personnes moins avancées en mathématiques, il préconise toutefois la présentation de la géométrie : l'algèbre, dit-il, ne fait que développer des capacités de calcul, indispensables pour compléter les idées géométriques.

Recherche, enseignement... Et à côté ? Il est marié à une mathématicienne passionnée de mode, il déteste jouer aux échecs, mais il aime la lecture, la musique (il joue du violoncelle), le tennis, les voyages quand ces derniers lui montrent de nouveaux endroits et de nouvelles personnes.

S'il lui arrivait de rencontrer des extraterrestres, au cours d'un de ces voyages, il leur demanderait si les mathématiques extraterrestres sont les mêmes que les nôtres : la réponse serait un indice pour savoir si les mathématiques préexistent ou si nous les créons ; M. Kontsevitch est tenté de penser que l'on crée des notions, mais que l'on découvre les mathématiques. Est-ce une tentation ou un besoin de l'esprit humain

Le retour des oiseaux sur l'île Saint-Paul

Les rats et des lapins, qui avaient éliminé les pétrels noirs, ont été exterminés.

Les îles des Terres australes antartiques françaises (TAAF), situées dans l'océan Indien Sud, sont parmi les plus isolées au monde ; pourtant leur patrimoine naturel a été fortement perturbé depuis leur découverte aux XVII^e et XVIII^e siècles. Les dégradations majeures ont été causées par l'exploitation de leurs ressources naturelles (à l'époque, les éléphants de mer, les otaries, les baleines), par des incendies et, surtout, par l'introduction de mammifères, dont les rats et les lapins.

Les ressources naturelles abondantes et l'absence de prédateurs et de compétiteurs ont permis aux rats de proliférer dans 80 pour cent des îles du monde. Ils ont réduit de moitié le nombre d'espèces d'oiseaux qui s'y reproduisaient et amené au bord de l'extinction plusieurs d'entre elles. Les lapins ont un fort impact sur la végétation et même, comme aux îles Kerguelen, sur les sols. Ils ont une action néfaste sur les milieux naturels et sur les habitats disponibles pour les oiseaux, en particulier les pétrels, qui nidifient en terriers.

Le district des îles Amsterdam et Saint-Paul a été le plus fréquenté. Il abritait les écosystèmes les plus originaux, avec une faune subantarctique dans des eaux subtropicales. La Roche Quille, îlot situé à 150 mètres des côtes de l'île Saint-Paul et qui représente à peine 0,25 pour cent de la superficie totale de l'île (800 hec-

tares), est le dernier refuge de plusieurs espèces d'oiseaux.

En 1987, l'administration des TAAF a entamé une réhabilitation écologique de ce district avec le projet de restauration de l'île Amsterdam. Ce projet s'est concrétisé par le confinement et la régulation d'un troupeau de bovins, qui avaient été introduits en 1871, et s'est poursuivi par la restauration partielle de la végétation. Toutefois, l'île Saint-Paul, à 80 kilomètres au Sud d'Amsterdam et sept fois plus petite que celle-ci, offre une possibilité de réhabilitation écologique supérieure si l'on pouvait y éradiquer de toutes les espèces de mammifères introduites. De plus, la présence de la Roche Quille permettait la recolonisation de l'île par les oiseaux marins des dernières colonies de reproduction encore à l'abri des rats.

La réhabilitation de l'île Saint-Paul a une grande importance sur le plan de la protection de la biodiversité. Pour évaluer celle-ci, les relations de voyage et les journaux de bord des navigateurs, pêcheurs et innombrables naufragés qui y ont séjourné sont d'un grand secours : ils décrivent les millions d'oiseaux qui y tournoyaient et permettent de dresser une liste des espèces ayant peuplé cette île avant qu'elle ne soit dévastée par l'homme. À plusieurs reprises, des moutons, des porcs et des chèvres ont été introduits pour servir de réserve de nourriture d'une année sur l'autre. En 1874, les porcs avaient été éliminés, quelques chats subsistaient, mais les chèvres, les rats et les souris étaient abondants sur toute l'île. Les seules espèces encore présentes au début des années 1990 étaient les lapins, introduits à la fin du siècle dernier, les rats et les souris. Les pétrels, encore présents sur l'île en

1874, avaient alors disparu, seule une population relique subsistait sur l'îlot de La Roche Quille.

La restauration des populations et des milieux dégradés par ces milliers de rats et de lapins nécessitait l'éradication totale des rongeurs, qui à terme auraient pu envahir la Roche Quille, dernier refuge intact et très vulnérable du fait de sa proximité de l'île Saint-Paul.

L'administration des TAAF s'est intéressée dès 1993 à ce projet de réhabilitation écologique de l'île Saint-Paul et en est devenue le maître d'œuvre, le financement étant assuré conjointement par le Fonds européen de développement (Commission européenne). Le Centre d'études biologiques de Chizé (CNRS) intervint dans le suivi scientifique des populations d'oiseaux.

Les études préliminaires, menées en 1995 et 1996 sur l'île Saint-Paul, avaient établi que les appâts empoisonnés étaient extrêmement attrayants pour les rats et les lapins, mais ne présentaient aucun danger pour les oiseaux.

L'opération d'éradication a eu lieu en janvier 1997 : un hélicoptère a répandu 14 tonnes d'appâts empoisonnés sur la totalité de l'île. Après l'épandage, une équipe de cinq personnes est restée trois mois sur Saint-Paul pour vérifier le succès de l'éradication et la compléter par des moyens terrestres (piégeage, tir). Cette équipe était composée d'un responsable scientifique, d'un expert ornithologue, d'un médecin et de deux techniciens néo-zélandais, spécialistes de ce type d'opération et accompagnés de deux chiens dressés pour la chasse aux lapins. Plus aucun rat vivant n'a été vu deux semaines après l'épandage ; quelques lapins avaient survécu aux appâts empoisonnés sur Saint-Paul et 48 d'entre eux ont été éliminés avec l'aide des chiens. Au départ de l'équipe en avril 1997, les rats semblaient avoir disparu et seulement quelques lapins subsistaient. Le succès de l'opération a été vérifié un an plus tard : aucune trace de rats n'a été relevée malgré plus de 130 kilomètres parcourus pour relever régulièrement les 260 indicateurs (des rondelles de saucisson entre autres !) destinés à détecter la présence de rats. Des appâts empoisonnés ont été disposés sur le site et devaient empêcher toute nouvelle introduction.

Les premiers retours de pétrels noirs, que l'on croyait disparus à jamais de la zone, ont été observés sur l'île, laissant bien augurer de la réussite du projet, mais la reproduction de ces oiseaux est lente et la recolonisation de l'île Saint-Paul demandera du temps.

Thierry MICOL et Pierre JOUVENTIN
Centre d'études biologiques de Chizé



La Roche Quille (petit îlot à droite) était le sanctuaire des pétrels noirs.