

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.

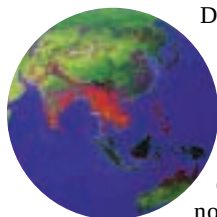
Roche Quille : Thierry Micol. Pétrel noir : Henri Weimerskirch

La peinture refoule les moules

Les moules et autres crustacés qui s'accrochent aux coques des navires sont une nuisance. La mise au point de peintures spécifiques, dites antifouling, est délicate, car ces peintures doivent repousser les crustacés sans les tuer, ni polluer. Les chercheurs de l'Institut de biotechnologie marine de Shimizu, au Japon, ont mis au point une telle peinture. Son ingrédient principal est la tribrogramine, un composé produit par un zooplancton qui vit sur les rochers découverts à marée basse. La tribrogramine bloque les récepteurs de la sérotonine, un neurotransmetteur utilisé par les larves de bernacles et de moules. De la même manière que la production de cette substance protège l'habitat du zooplancton des moules, la peinture antifouling à base de ce composé protègent la coque des bateaux.

Un monde en flamme

Chaque année le feu ravage 71 millions d'hectare dans le monde. En 1997, la sécheresse consécutive au phénomène El Niño a amplifié le phénomène.



Dans le pays le plus touché, l'Indonésie, la végétation de plus de deux millions d'hectares est partie en fumée. Les feux actuels en Amazonie, Mexique, Grèce et Floride risquent de faire de 1998 une nouvelle année record. Les informations sur les feux dans le monde sont répertoriés sur le site internet : http://modarch.gsfc.nasa.gov/fire_atlas/fire.html.

Les chirurgiens du silence

Les malades ont conscience de mots prononcés alors qu'ils sont sous anesthésie générale. G. Lubke et ses collègues de l'Université d'Atlanta ont fait entendre des séries de mots à des patients opérés dont le degré d'anesthésie était surveillé en continu par l'analyse des signaux électriques du cerveau. Après le réveil, on présentait à ces patients des mots à compléter, tel que «dim...». Les patients à qui l'on avait fait entendre le mot «limite» pendant l'anesthésie complétait ce mot plus souvent que ceux à qui on ne l'avait pas fait entendre. Le rappel inconscient des mots est meilleur lorsqu'ils sont prononcés pendant les phases légères de l'anesthésie, mais aucun patient n'a un souvenir conscient des mots prononcés.

La réinvention du papier

Bon marché, léger, consommant peu, l'affichage électronique de demain est dans les laboratoires.

Il y a 20 ans, Nicholas Sheridon eut une grande idée, une idée que les scientifiques talentueux et chanceux n'ont qu'une fois dans leur carrière. Ce jeune chercheur imagina de représenter des images sur des écrans portables, bien moins lourds que les tubes cathodiques et bien moins chers que les écrans à cristaux liquides. En théorie, son invention possède les avantages du papier : fin, flexible et durable. Ces afficheurs électroniques consommeraient peu et pourraient cependant afficher des images indéfiniment. Ils pourraient être utilisés pour l'écriture et la lecture. Ils seraient réutilisables des millions de fois et peu onéreux. Nommant son idée *Gyricon*, N. Sheridon déposa un brevet.

Hélas, son invention n'eut guère d'écho. Il y a 20 ans, les dirigeants du Centre de recherche de la Société Xerox, à Palo Alto (PARC, soit *Palo Alto Research Center*), préparaient les innovations de la révolution informatique : le concept de fenêtre, la souris, l'imprimante laser. Ces dirigeants n'avaient aucune vision d'avenir. «Mon chef m'a dit : "[La société] Xerox n'est pas réellement intéressée par les écrans. Pourquoi n'étudieriez-vous pas les techniques d'impression ?" Et c'est ce que j'ai fait», déclare N. Sheridon.

Quinze ans plus tard, notre physicien revient à sa première inspiration et, aujourd'hui,

la concrétisation de ses cogitations trône sur son bureau : le logo du Centre de recherche clignote en noir et blanc. Bien qu'il s'agisse d'un prototype, l'écran carré de 15 centimètres par 15 est très lisible. Sa faible consommation est remarquable : sa seule source d'énergie est une pile solaire. De surcroît, lorsque l'alimentation est coupée, le logo se fixe, mais ne disparaît pas.

Sortant doucement l'appareil de sa gangue de protection, N. Sheridon me montre sa structure : il n'est pas plus épais qu'un gant de latex et il a la même texture. Ce n'est pas une coïncidence : l'écran est fabriqué par l'insertion de minuscules sphères de plastique, de diamètre compris entre 0,03 et 0,1 millimètre, dans une crêpe de silicone fondu. Chaque bille est bicolore, moitié blanche, moitié noire. Après refroidissement, la crêpe est découpée en feuille, puis trempée dans l'huile. Comme une éponge, elle absorbe l'huile et gonfle. Ce faisant, des poches d'huile se forment autour de chaque bille, qui peuvent alors flotter et tourner librement.

Par un mécanisme dont le secret est jalousement gardé, on place sur chaque bille des charges électriques, avec un excès de charge sur l'un des hémisphères colorés. Ainsi, lorsqu'on applique une configuration de champ électrique déterminant l'image à la surface de la feuille, les billes sont soulevées de leur cellule d'huile, et pointent soit l'hémisphère noir, soit le blanc, vers le spectateur. Les billes sont ensuite relâchées dans leur cellule, au fond de l'écran. Là, elles restent immobiles, conservant l'image affichée jusqu'à ce qu'un champ électrique les déloge à nouveau. En modulant la tension, on



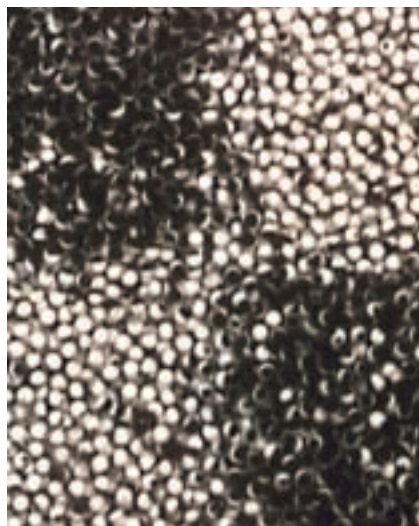
Le prototype de l'écran *Gyricon*, mis au point par la Société Xerox, a l'épaisseur de sept feuilles de papier et conserve l'affichage des mois durant, sans alimentation électrique.

peut relâcher les billes à moitié tournées, ce qui permet de reproduire les nuances de gris. Une version de l'écran avec des billes rouges et blanches a été fabriquée, et les ingénieurs travaillent aujourd'hui sur des combinaisons de billes de différentes couleurs pour reproduire le spectre visible.

Tout avait été prévu, excepté la fabrication économique de milliards de micro-billes de plastique bicolores. Pour les fabriquer aujourd'hui, on utilise un disque qui tourne à 2 700 tours par minute. Du plastique fondu blanc est injecté au centre, sur le dessus du disque, tandis que du plastique noir est injecté en dessous. Les jets de plastique filent vers le bord où ils se rejoignent et se cassent, formant des billes bicolores.

Après plus de deux ans d'utilisation et trois millions d'inscriptions et d'effacements, le *Gyricon* reste lisible. Les écrans ont une surface de 1 000 centimètres carrés et la résolution atteint 87 points par centimètre, quatre fois mieux que la plupart des écrans à cristaux liquides. Comment augmenter la résolution ? En utilisant des billes plus petites et en les compactant.

Certaines applications, tels les panneaux publicitaires de grande taille, seront commercialisables dans quelques années seulement. Les écrans *Gyricon* pourront être utilisés dans les ordinateurs portables peu après. Avec



Des microbilles de plastique bicolores, ici vues à travers un microscope, forment des images à niveau de gris contrôlé.

des piles ordinaires, un ordinateur portable fonctionnera ainsi durant des mois, car, contrairement aux écrans à cristaux liquides, l'écran *Gyricon* ne requiert ni lumière de fond, ni maintien de la tension.

Toutefois, le but réel est la fabrication d'un succédané électronique du papier. L'ingénieur Matt Howard me tend un crayon de bois branché sur une petite source de tension. À mesure que j'écris sur l'écran, le faible champ électrique transmis par le cœur de graphite du crayon noircit l'écran à l'endroit où la pointe le touche.

L'avenir d'une telle invention est difficile à prévoir. Si les dirigeants de la Société Xerox avaient été plus conquérants ou si M. Sheridan avait été plus ambitieux, le papier électronique serait-il aujourd'hui aussi répandu que la souris ? C'est possible. Aujourd'hui, le *Gyricon* a des concurrents, dont les cristaux liquides et les écrans à électrophorèse (qui utilisent de petites particules chargées d'une couleur, en suspension dans un colorant liquide d'une autre couleur). La course est lancée.

Wayt GIBBS

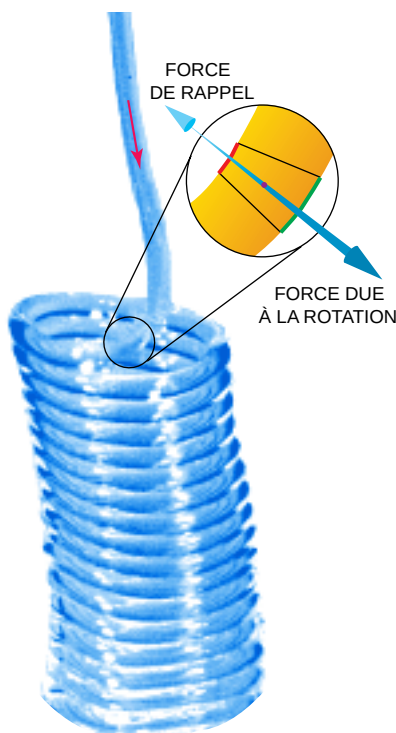
Écoulement enroulé

La physique de l'enroulement régulier d'une colonne visqueuse.

Renversons doucement une cuillère de miel sur une tartine. Après qu'un régime stationnaire s'est établi, on observe une fine colonne de miel qui s'enroule en spires superposées. L'enroulement résulte d'une instabilité qui se déclenche lorsque le miel s'écoule d'une hauteur suffisante.

On comprend comment cette instabilité se déclenche, mais pas ce qui se passe loin de son seuil de déclenchement, après que l'instabilité est déjà établie. C'est cette période que Lakshminarayanan Mahadevan et ses collègues de l'Institut

de technologie du Massachusetts ont étudié. En analysant la dynamique du phénomène, ils déduisent des lois reliant les différents paramètres de l'écoulement : la vitesse d'enroulement d'un filament de fluide en fonction de son rayon, de son débit et de sa viscosité.



Les forces qui agissent sur le filament de silicone qui s'enroule sont les forces dues à la rotation et la force de viscosité. Les forces dues à la rotation sont dirigées vers l'extérieur. Comme l'extérieur et l'intérieur d'un filament qui s'enroule vont à des vitesses différentes, l'intérieur du filament est comprimé (en rouge), tandis que l'extérieur est étiré (en vert). Comme un solide élastique courbé, le filament visqueux «cherche» à se redresser. Ainsi, la force de viscosité est analogue à une force de rappel dirigée vers l'intérieur de la boucle. Ici le débit est de un centimètre cube par seconde, le rayon du filament est égal à 0,2 centimètre, et la viscosité vaut $1,019 \times 10^3$ centimètres carrés par seconde.

Deux types de forces s'exercent sur une colonne de fluide en chute libre : les forces de gravitation et les forces de viscosité. La gravité accélère le fluide et le filet se rétrécit, ce que les forces de viscosité ont tendance à empêcher. Que se passe-t-il quand un tel écoulement est subitement freiné, quand le miel arrive sur une tartine par exemple ?

Examinons d'abord le déclenchement de l'instabilité. L'écoulement reste stable si les forces visqueuses ont le temps d'agir pendant la durée de chute du fluide. Pour le vérifier, on compare le temps de relaxation visqueuse, qui mesure le temps nécessaire pour que les forces de viscosité agissent, au temps de chute libre, c'est-à-dire la période entre le moment où le miel quitte la cuillère et le moment où il arrive sur la tartine.

Lorsque le temps de relaxation visqueuse est inférieur au temps de chute libre, comme c'est le cas pour un filet d'eau, le filet s'étale rapidement au moment de l'impact, laissant de la place pour le fluide qui arrive : l'écoulement reste axial, sans formation de spires. En revanche, lorsque ces deux temps sont comparables, comme c'est le cas pour un filet de miel, la colonne au voisinage de la table ne s'étale pas assez vite pour laisser la place au fluide qui arrive et l'équilibre est brisé : dans une petite région, près de la tartine, le filet s'enroule en spires. Pour du miel, cette condition

Le pacemaker de l'intestin

Les décharges électriques spontanées des cellules de Cajal assurent les contractions rythmiques de l'intestin.

Près de 60 pour cent des personnes qui consultent un gastro-entérologue ont des douleurs abdominales d'origine inconnue. Or ces troubles résultent le plus souvent d'anomalies de la motilité gastro-intestinale, l'ensemble des contractions musculaires qui font avancer le contenu du tube digestif. Les médicaments disponibles sont souvent peu efficaces, et si une personne sur trois voit son état s'améliorer, les rechutes sont fréquentes. Pourquoi ces douleurs sont-elles si difficiles à soulager ? Parce que l'on connaît mal la physiologie de la motilité intestinale et que, par conséquent, les pharmacologues ne savent pas quelles cibles viser. Une lueur d'espoir : une équipe canadienne vient de montrer que les cellules de Cajal de la paroi intestinale ont une activité électrique spontanée ; ce stimulateur – ou pacemaker – régule la motilité gastro-intestinale.

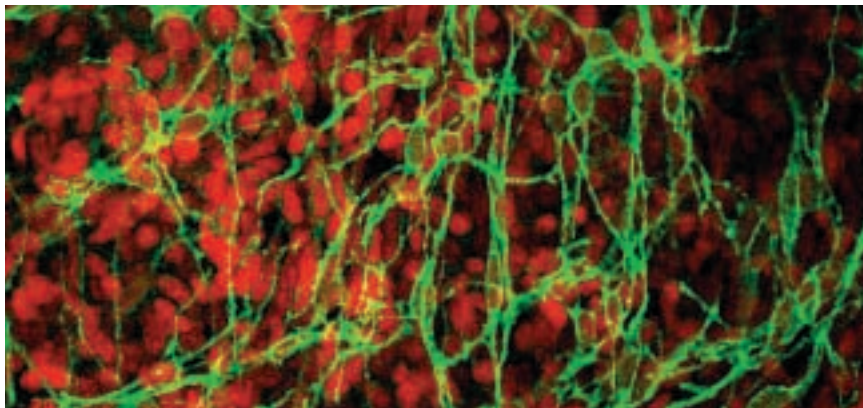
Découvertes en 1893 par le neuroanatomiste espagnol Ramon y Cajal, les cellules qui portent son nom étaient soupçonnées, par les biologistes, de jouer un rôle fondamental dans la motilité intestinale, mais la preuve manquait. Jan Huizinga et ses collègues de l'Université de Hamilton ont isolé des cellules de Cajal de la masse des cellules qui constitue la paroi intestinale de souris. Ces cellules, très ramifiées, ont été placées en culture. Des micro-électrodes appliquées sur membrane cellulaire ont enregistré un courant électrique rythmique spontané, engendré par l'activation péri-

dique d'un canal cationique ; ce courant entraîne des variations périodiques du potentiel de repos, nommées ondes lentes de dépolarisation, qui se transmettent à l'ensemble de la musculature lisse du tube digestif et assurent la coordination indispensable à la vidange gastrique et au cheminement du bol alimentaire. Le système nerveux module ce rythme spontané par l'intermédiaire de divers neuromédiateurs excitateurs ou inhibiteurs.

On connaît mal la physiopathologie de divers troubles fréquents, telles la sténose pylorique du nourrisson (caractérisée par une incoordination des mouvements du pylore qui se contracte indépendamment du reste de l'estomac, par une hypertrophie du muscle pylorique et par des vomissements « en jet »), les gastroparésies (vidange gastrique anormale), les douleurs intestinales d'origine inconnue, la constipation chronique.

Selon Jean-Marie Vanderwinden et Jean-Jacques Vanderhaeghen, de la Faculté de médecine de Bruxelles, divers troubles du transit résulteraient d'anomalies morphologiques ou fonctionnelles des cellules de Cajal et du rythme du stimulateur qu'elles créent. Avec les cellules de Cajal, on semble enfin disposer d'une cible potentielle pour des traitements nouveaux et spécifiques des troubles de la motilité digestive. Reste à découvrir les sites d'action potentiels, c'est-à-dire les récepteurs spécifiques des cellules de Cajal ou les canaux ioniques membranaires produisant les ondes lentes.

Toutefois, les cellules de Cajal ne sont pas seulement des cellules pacemaker : certaines, qui n'engendrent pas d'ondes lentes, sont sensibles au monoxyde d'azote ou à d'autres neuromédiateurs ; d'autres joueraient un rôle dans les maladies inflammatoires de l'intestin, responsables de douleurs et de diarrhées chroniques. Neuromédiateurs et médiateurs de l'inflammation, telles les interleukines, sont peut-être d'autres substances thérapeutiques potentielles.



Les cellules de Cajal (marquées en vert par un anticorps fluorescent) forment un réseau ramifié dans la paroi intestinale (le grossissement est égal à 800).