



Christoph Gerick, Hilti Foundation/Frank Goddio/Discovery Channel

Dans la baie d'Aboukir, Frank Goddio et son équipe ont découvert les restes de deux villes réputées pour leur richesses et leurs œuvres d'art, telle cette tête de pharaon.

plantée par Alexandrie, à partir de 331 avant notre ère. Ces villes, réputées pour leur richesse, leurs œuvres d'art et leurs nombreux temples érigés aux dieux Séraphis, Isis et Osiris, où les pèlerins accouraient pour consulter les oracles, sont cités par les auteurs anciens : l'historien grec Hérodote, qui a visité le temple d'Hérakleion en 450 avant notre ère, le géographe grec Strabon, qui a décrit leur situation géographique et leur mode de vie luxueux, et le philosophe romain Sénèque, qui a condamné leurs mœurs corrompues.

Pourquoi ces villes sont-elles aujourd'hui englouties ? La montée des eaux de la Méditerranée, de lents mouvements d'affaissement de l'écorce terrestre et, finalement, de brusques effondrements de terrain, provoqués par des séismes, expliqueraient leur engloutissement. La position des colonnes et des murs, tous effondrés dans la même direction, semblent confirmer cette dernière hypothèse. Au IV^e siècle, à l'époque chrétienne, une basilique et deux sanctuaires furent construits près du temple d'Isis, à Ménouthis, alors enseveli dans le sable. Puis, au VI^e siècle, le sanctuaire de Ménouthis fut mis à sac par les chrétiens : à cette époque, Hérakleion et Ménouthis étaient encore sur la terre ferme. La découverte dans les ruines sous-marines de monnaies byzantines et islamiques du VIII^e siècle prouve qu'elles n'ont pas été englouties avant cette date.

L'équipe de F. Goddio, à laquelle se sont joints des archéologues et des géologues, compte établir les plans de Ménouthis et d'Hérakleion et apporter, grâce aux fouilles, des précisions quant au mode de vie de ces cités : les plongeurs remonteront divers objets qui gisent au fond de l'eau et les égyptologues déchiffreront les hiéroglyphes.

Le morse du manchot

Pour se reconnaître dans une colonie, les manchots émettent des « syllabes » caractéristiques.

Les manchots, dont les 17 espèces vivent toutes dans l'hémisphère Sud, sillonnent les océans en quête de pêches miraculeuses. Ils recherchent les zones poissonneuses où se mêlent eaux froides et eaux chaudes. Pour nicher, ils se regroupent à terre, par espèce, sur un territoire, où règne un vacarme assourdissant. Les partenaires font alors un va-et-vient incessant entre terre et mer : tandis que l'un couve, l'autre va chercher la nourriture et *vice versa*. Comment le manchot nourricier retrouve-t-il « sa famille », le parent qui reste couvrir ayant pu se déplacer avec l'œuf de plusieurs dizaines de kilomètres ? Thierry Aubin, du laboratoire de neurobiologie de l'apprentissage et de la mémoire du CNRS, à la Faculté des sciences d'Orsay, et Pierre Jouventin, au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive du CNRS, à Montpellier, ont montré que les manchots émettent des sons, une signature spécifique qui assure la reconnaissance.

Pendant la période de reproduction, l'archipel des Crozet devient le fief du manchot royal dont la plus vaste colonie – un million et demi d'individus – recouvre entièrement l'une des îles. Pour se nourrir, le manchot royal parcourt parfois jusqu'à 300 kilomètres, ce qui lui prend trois semaines. Quand il revient, le ventre plein de poissons, il retrouve les siens et les nourrit en régurgitant. Dès qu'il prend pied sur la terre ferme, le manchot se met à crier, tout en parcourant la colonie, car le son, vite arrêté par les congénères qui font écran, ne porte pas à plus de huit mètres. Le par-

tenaire (ou le poussin) à l'écoute, répond, dès qu'il entend l'appel du voyageur, et, grâce à un guidage acoustique, l'attire jusqu'à lui.

Pour élucider les modalités d'une telle reconnaissance sans faille, P. Jouventin a obturé les oreilles ou clos le bec de plusieurs manchots, et a vérifié que chaque espèce a un cri – un chant de cour – particulier, où chaque individu introduit sa caractéristique acoustique.

Trois paramètres caractérisent ce son : l'intensité, la fréquence et la durée. Les chants de cour ont été enregistrés en fonction de ces paramètres : on constate qu'ils sont organisés en syllabes (voir la figure), des motifs, constitués d'une fréquence fondamentale et d'harmoniques, qui se répètent. En enregistrant les chants de nombreux manchots, T. Aubin et ses collègues ont constaté que la variation chez un même individu est bien inférieure à la variation entre individus. Les petits ne s'y trompent pas : on enregistre le chant du parent, on en modifie un des paramètres, puis on le rediffuse ; on constate que le poussin s'approche du haut-parleur jusqu'au moment où un des paramètres fondamentaux a été modifié.

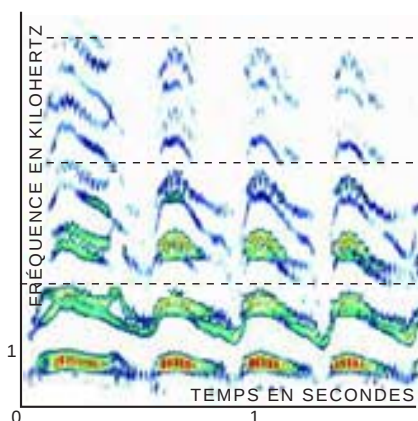
L'équipe a réalisé différents mixages du cri d'un parent et de ceux d'autres parents. Dans cet exercice, le manchot royal se montre particulièrement performant : le poussin est capable d'extraire la voix de son parent même lorsque son intensité est inférieure de six décibels au brouhaha ambiant ! L'effet « cocktail » joue à plein : l'animal sait extraire du bruit de fond les sons qui ont un sens pour lui. Pour ce faire, il applique la « théorie mathématique de la communication » de Shannon et Weaver : pour faire passer une information dans le bruit, il faut être redondant, c'est-à-dire la répéter plusieurs fois. Ce que font les manchots.

T. Aubin et ses collègues ont constaté que la tactique acoustique des



T. Aubin

Lorsqu'ils couvent leur poussin entre leurs pattes, sous un repli de la peau, les manchots se déplacent. Pour que les partenaires se retrouvent, chacun répète inlassablement une syllabe qui lui est propre.



Sur cet enregistrement de la signature acoustique d'un manchot, on constate la répétition de quatre «syllabes» constituées d'une fréquence fondamentale (*en bas*) et de plusieurs harmoniques. L'animal émet ce son dont l'amplitude, la fréquence et la durée sont spécifiques. De surcroît, la montée en intensité et la variation de fréquence entre le début et la fin de l'émission sont également spécifiques. La combinaison de tous ces paramètres garantit l'unicité de la signature acoustique.

manchots diffère selon qu'ils ont ou non un nid. Les manchots avec nid, qui bénéficient de repères visuels, tels les manchots Papou ou Adélie, sont sensibles à la fréquence : lorsqu'elle varie de plus de 10 pour cent vers le grave ou vers l'aigu, l'oiseau ne reconnaît plus «son» manchot. Pour les manchots sans nid, dépourvus de repères visuels, tels les manchot empereurs et royaux, la fréquence n'est pas primordiale et peut même varier de 50 pour cent sans conséquence sur le repérage. En revanche, les manchots royaux sont sensibles aux modulations de fréquence du chant, tandis que les manchots empereurs le sont aux modulations d'amplitude.

En outre, la signature vocale est très courte chez ces manchots sans nid. Elle se réduit à la montée en fréquence du cri : une demi syllabe suffit. Dès lors, pourquoi les chants sont-ils si longs, comprenant trois à sept syllabes ? Pour être redondants ! Pour vaincre le vent et le charivari ambiant, les manchots doivent «bégayer» : ils ont plus de chances de bénéficier d'une accalmie qui laissera passer leur message.

Des colonies bruyantes d'autres oiseaux marins, tels les mouettes rieuses ou les flamands roses, vont également être étudiées. La communication acoustique chez des mammifères sociaux, tels les éléphants de mer et les otaries est également à l'étude. Chez ces dernières, la reconnaissance acoustique semble fondée sur la fréquence, comme chez les manchots sans nid.

Marie-Thérèse LANDOUSY

La forêt en danger

À Madagascar, la déforestation pour la culture du maïs sur brûlis est irréversible.

La forêt recouvre plus de 20 pour cent du territoire malgache, soit 13 millions d'hectares environ. Toutefois 200 000 à 300 000 hectares disparaissent chaque année, surtout dans l'Est et le Sud-Ouest de l'île, à cause du défrichement de parcelles dédiées à la culture du maïs. Vivrière à l'origine, elle est devenue commerciale : depuis quelques dizaines d'années, elle a pris de l'ampleur et gagne sur la forêt. Michel Grouzis, Pierre Milleville et leurs collègues de l'Institut de recherche pour le développement et du Centre national de recherche sur l'environnement ont étudié comment les Malgaches exploitent la forêt et comment celle-ci réagit. Leurs conclusions sont sans appel : elle ne se régénère pas après l'abandon des parcelles cultivées.

Pour cultiver le maïs, sur «abattis-brûlis», l'agriculteur défriche sommairement une parcelle de forêt, brûle les restes et sème le maïs dès les premières pluies. Les agronomes ont calculé le rendement de parcelles d'âges variés : pendant les trois premières années, il atteint 1 500 kilogrammes de grains par hectare, mais après cinq à six ans de culture, il est inférieur à 500 kilogrammes par hectare. Les analyses d'échantillons de sols montrent que plus la parcelle est cultivée longtemps, plus les quantités de carbone, d'azote, de phosphore et de sels minéraux sont faibles. D'année en année, les mauvaises herbes envahissent les parcelles, appauvrissant encore le sol. Les agriculteurs se contentent de brûler les mauvaises herbes séchées au lieu de s'en débarrasser par sarclage. Après avoir cultivé une même parcelle pendant cinq à dix ans, ils l'abandonnent et en défrichent une autre.

Les écologues ont suivi l'évolution de la végétation sur plusieurs parcelles abandonnées depuis 2 à 30 ans. Aux cultures se substitue une savane boisée. La comparaison de photographies aériennes ou prises par satellite entre 1960 et 1999 montre que la forêt ne gagne pas de terrain. Cette situation est contraire à ce qui se passe dans la plupart des milieux tropicaux humides, où les lisières avancent à mesure que les graines tombent au pied des arbres ou sont dispersées par la faune

Les agriculteurs malgaches défrichent sommairement des parcelles de terrain dans la forêt. Ils y mettent le feu afin de détruire les plantes restantes et d'y cultiver le maïs.

et le vent. À Madagascar, plusieurs phénomènes détruisent les jeunes pousses d'espèces forestières : au Sud de l'île, l'humidité du sol est plus faible que dans le reste de l'île et limite le développement des plantes de forêt. Les parcelles abandonnées sont ravagées par les feux de défrichement qui s'y propagent accidentellement ou par les feux volontairement allumés, pour détruire les herbes sèches et favoriser la repousse des pâturages. De plus, dans ces parcelles et dans la forêt environnante, les habitants prélèvent des jeunes plantes qui fournissent des substances médicinales, du bois de construction (notamment pour les pirogues), des fruits et des racines comestibles, des résines pour fabriquer de la colle... (sur 146 espèces identifiées dans la forêt, seules 40 n'ont aucun usage). Ainsi, la déforestation est irréversible et menace 75 pour cent des espèces endémiques.

Pour protéger la forêt, les agronomes envisagent d'autres types de cultures, tels le labour, avec lesquels la pratique des brûlis disparaîtrait et, avec elle, la prolifération des mauvaises herbes : les parcelles seraient exploitées plus longtemps, mais le temps de travail des agriculteurs augmenterait considérablement. L'arrêt de la déforestation semble dépendre de mesures politiques contraignantes.



Bernard Mozo, IRD