

La tortue des steppes

Pour retrouver son domaine, elle se repère à l'odorat.

Les mécanismes d'orientation des animaux rivalisent d'ingéniosité : la boussole solaire des abeilles, le sonar des chauves-souris, l'orientation stellaire ou magnétique des oiseaux migrateurs... Se repérer au mieux pour optimiser l'exploitation des ressources est une question de survie. Les tortues des steppes (*Testudo Horsfieldii*) manifestent ainsi des capacités d'orientation étonnantes, sans doute grâce à l'odorat.

Ces petites tortues (20 centimètres de longueur et 1 kilogramme en moyenne), très répandues en Asie centrale, sont soumises à des températures extrêmes : 45 °C en été et -15 °C en hiver. Dès juin, quand les chaleurs de l'été arrivent, les tortues des steppes creusent le sol sableux et s'enterrent à 50 centimètres de profondeur. Elles ne sortiront de leur torpeur qu'en mars, quand les températures remontent. Ce sont des animaux ectothermes (leur température varie selon l'environnement, contrairement aux mammifères, endothermes, dont le métabolisme maintient la température corporelle), qui perdent moins de dix pour cent de leur masse pendant les neuf mois passés sans boire ni manger. À leur sortie, les tortues ne disposent que de trois mois pour se nourrir afin d'emmagasiner des réserves et pour se reproduire. D'autres espèces, par exemple les vipères péliades, qui vivent au-delà du cercle polaire, en Suède, ont une période d'activité aussi restreinte.



La tortue des steppes, qui vit en Asie centrale, passe neuf mois de l'année sous terre, en état d'hibernation, puis d'estivation. Pendant ses trois mois d'activité, elle optimise ses déplacements et se repère grâce à un mécanisme d'orientation très efficace, fondé sur l'odorat.

La période des accouplements des tortues des steppes dure seulement 15 jours, et les femelles pondent jusqu'à trois fois par saison. Pressées par le temps, les tortues font preuve d'une excellente connaissance de leur terrain. Les études menées depuis 1996 en Ouzbékistan ont montré que les tortues possèdent en effet un domaine vital vaste pour un animal de cette taille : une vingtaine d'hectares pour les mâles et une quarantaine pour les femelles. D'une année sur l'autre, elles restent fidèles à leur espace. Disposent-elles d'une capacité à se repérer dans l'espace, qui leur permettrait d'optimiser l'efficacité de leurs déplacements ?

Pour répondre à cette question, deux expériences ont été poursuivies durant l'été 2000. D'abord, 19 tortues ont été équipées d'un émetteur de radiofréquences, puis transportées dans des sacs hermétiques à 1 000 mètres hors de leur domaine vital. La position des tortues a alors été suivie jour après jour et leur trajet reconstitué. Trois jours plus tard, 18 tortues étaient déjà revenues sur leur lieu de capture, avec une vitesse moyenne de 85 mètres par heure, tandis que leur vitesse de déplacement habituelle ne dépasse pas 20 mètres par heure. De surcroît, le retour a été précis : les tortues n'ont parcouru que 1 383 mètres en moyenne au lieu des 1 000 mètres du trajet direct.

Comment ces tortues relâchées en terrain inconnu ont-elles retrouvé le chemin de leur domaine ? L'orientation magnétique semble le mécanisme d'orientation principal chez les tortues marines bien que des possibilités d'orientation olfactive aient été invoquées pour certaines tortues terrestres. Pour trancher, nous avons répété l'expérience, mais cette fois après avoir collé de petits aimants sur la carapace de 13 nouveaux animaux, afin de créer un «brouillage magnétique». Les aimants perturbent localement le champ magnétique terrestre et désorientent les minuscules cristaux de magnétite présents dans le cerveau, comme on l'a montré chez les animaux capables de percevoir le champ magnétique terrestre. Ces animaux sont alors «déboussolés».

Le résultat fut sans appel : 12 des 13 tortues sont rentrées dans leur domaine sans difficulté et aussi rapidement qu'en l'absence de brouillage magnétique. L'hypothèse de l'orientation magnétique est ainsi éliminée. Les tortues des steppes retrouvent-elles leur chemin grâce à l'odorat ? Il reste désormais à tester cette hypothèse, après avoir mis au point des méthodes pour masquer l'olfaction, sans perturber les réactions naturelles des tortues.

A. LEGRAND et D. CHARFALLOT,
Centre d'études biologiques de Chizé

BRÈVES

L'âge des pyramides

Comment les grandes pyramides de Gizeh ont-elles été orientées vers le Nord avec une telle précision ? Selon l'égyptologue britannique Kate Spence, les Égyptiens se fondaient sur le passage simultané à la verticale de deux étoiles : Kochab de la petite Ourse et Mizar de la grande Ourse. La légère déviation observée dans l'orientation des pyramides successives serait due à l'évolution de la carte céleste au fil des siècles, résultant du déplacement de l'axe de rotation de la terre. Si l'hypothèse est vérifiée, les astronomes pourraient calculer l'âge de ces pyramides à cinq ans près.



Aiguilles sur mesure

Pour qu'un vaccin intramusculaire soit efficace, le liquide injecté doit atteindre, comme son nom l'indique, un muscle. Or, une équipe américaine vient de constater que ce n'est pas le cas chez les personnes trop grosses : sur les 220 personnes vaccinées qui ont été suivies, 17 pour cent des hommes et près de 50 pour cent des femmes n'ont pas été correctement vaccinés, car l'aiguille standard utilisée (16 millimètres de longueur) n'avait pas pénétré dans le muscle : la solution vaccinale avait été injectée dans la couche de graisse qui recouvre le muscle. Cette dernière est peu vascularisée, de sorte que l'antigène vaccinal y stagne sans activer le système immunitaire. Des aiguilles plus longues devraient être utilisées pour les personnes «enrobées».

Les turbots respirent par la peau

Les turbots obtiendraient 30 pour cent de leur oxygène par l'intermédiaire de leur peau, d'après une étude sur les poissons marins d'élevage de l'IFREMER. En cas de raréfaction de l'oxygène dans l'eau, le poisson n'a plus assez d'énergie pour augmenter la fréquence des mouvements qui facilitent le passage de l'eau dans les branchies. L'appareil respiratoire cutané prend alors le relais : la peau du turbot, mince et dépourvue d'écaillles, laisse diffuser l'oxygène. La peau de tous les poissons plats, tels la sole ou le flet, jouerait aussi le rôle d'organe respiratoire annexe.

L'origine de la cocaïne

Afin de lutter contre le trafic de la cocaïne, une équipe de l'Université de l'Utah et du département américain de la justice a mis au point une méthode pour retrouver le pays où a été cultivée la drogue ; il leur suffit de quelques grammes. Pour ce faire, ils ont analysé les isotopes du carbone et de l'azote dans des feuilles de coca provenant de cinq régions productrices d'Amérique du Sud. Les quantités de carbone 13 et d'azote 15 diffèrent selon les régions. Pour l'azote, les rapports isotopiques varient en fonction de la constitution du sol, pour le carbone en fonction de l'humidité et de la longueur de la saison des pluies. Les traces d'alkaloïdes renseignent aussi sur l'origine des feuilles. On peut ainsi décrire les «cartes d'identité» des feuilles provenant des principaux sites de culture. De cette façon, les chercheurs ont retrouvé les régions d'origine de 192 des 200 échantillons analysés.

L'orbite de Néandertal

L'individu dont un fragment de crâne a été retrouvé en 1856 à Néandertal, près de Dusseldorf, a donné son nom à toute une espèce d'hominidés : les Néandertaliens. Le lieu de la découverte n'avait jamais été fouillé de façon systématique, jusqu'à ce que deux archéologues des Monuments historiques allemands reprennent les fouilles. Sensation ! Un morceau de l'orbite de l'individu de 1856 se trouvait parmi les nombreux restes rassemblés. Le visage du premier Néandertalien va enfin être reconstitué.



J. Thissen et R. Smitz

Le dîner du dinosaure

Les dinosaures herbivores, notamment les diplodocus, ne dévoraient pas la cime des arbres. L'australien Roger Seymour a montré que ces grands mangeurs de feuilles ne pouvaient pas dresser leur cou pour atteindre les plus hautes branches : leur cœur ne le leur permettait pas ; il était trop petit pour pomper le sang jusqu'à la tête, si les animaux avaient redressé leur cou. En comparant la taille du cœur de différentes espèces en fonction de la longueur du cou, il en a déduit que, pour relever la tête, il aurait fallu que le ventricule droit de leur cœur pèse... deux tonnes. Ils devaient se contenter des feuilles à la hauteur de leur tête, quand leur cou était à l'horizontale.

Culte vaudou à Mayence

Des fouilles de sauvetage ont révélé des pratiques magiques dans un lieu de culte domestique romain.

Au II^e siècle, une femme trompée par son mari se rend au lieu de culte domestique de Mogontiacum, une ville rhénane de la frontière Nord de l'empire romain, devenue Mayence aujourd'hui. Après s'être procuré une statuette chez un marchand, elle s'enferme dans l'une des maisonnettes de prière, allume des lampes à huile, brûle de l'encens sur l'autel en terre, puis y dispose des nourritures précieuses : figues et dattes séchées, pignons... Psalmodiant le nom d'une divinité celte, elle brise la statuette par le milieu, puis place la partie inférieure dans un trou, phallus vers le haut pour bien montrer aux dieux sur quoi s'abat sa vengeance. Pour renforcer encore sa malédiction, elle couche ensuite la partie supérieure de la statuette le nez dans la boue, comme on enterrait alors les criminels condamnés.

Les archéologues ignorent qui fut ainsi maudit, mais ils ont retrouvé chacun des éléments de cette scène. Au printemps 2000, une fouille de sauvetage a été menée dans le vieux Mayence. La mise au jour d'un lieu de culte domestique a révélé comment priait le peuple de cette ville de garnison romaine. L'endroit se trouve non loin de l'ancienne rue qui reliait l'un des camps militaires au pont sur le Rhin. Pour accéder aux vestiges romains, les archéologues ont évacué six mètres de remblais situés sous les restes d'un monastère moyenâgeux.

Mayence est l'une de ces cités, où l'on ne peut faire un trou sans découvrir des vestiges. La ville a été fondée sous l'empereur Auguste au cours de l'invasion romaine (-27 à 14). Afin de se garder des attaques sporadiques des germains qui vivaient au Nord du fleuve, les Romains y érigèrent progressivement un mur fortifié de 550 kilomètres de long : le *limes*. Il fallait des troupes pour le garder et des bases arrière. En deçà du fleuve, le site de Mayence était stratégique, puisque placé face au confluent du Main et du Rhin. Jusqu'à 20 000 combattants, c'est-à-dire quatre légions y furent cantonnées. Comme le nouveau camp accueillait presque autant de troupes de soutien, il concentrait un énorme pouvoir d'achat, qui bientôt attira, marchands, artisans, tenanciers d'au-

berges, prostituées... Mayence était née. La ville eut bientôt son théâtre, son aqueduc, son lieu de culte...

Lieu grouillant de vie, ce dernier se composait d'une série de fosses maçonnées, où les adorateurs célébraient leurs dieux. Des restes de pieux en bois attestent que ces fosses étaient probablement recouvertes d'une maisonnette à colombage. Une guilde de petits marchands s'y était fixée, qui servait les citoyens venus prier, leur vendait des ustensiles de culte, les approvisionnait... Aucune trace de temple n'a été retrouvée à proximité du lieu de culte domestique.

Nul ne sait quels dieux y étaient honorés. Trouvaille exceptionnelle, une statuette masculine (*ci-dessous*) a été découverte, laquelle porte des traces manifestes de torture. Elle indique que les habitants pratiquaient des malédictions. S'agit-il là d'un reste de magie celte ? Nul ne le sait. Les archéologues ont aussi dégagé une dizaine de tablettes de plomb. Les adorateurs romains y inscrivait leur suppliques avant de les rouler et de les cacher dans un lieu sacré. En voie de restauration, elles n'ont pas encore été déroulées.

Une chose intriguait les Mayençais : pourquoi les anciens habitants de Mayence ont-ils consacré à leurs rites un endroit aussi central de la ville ? Un mystère que les fouilles ont éclairci en révélant la présence sur le lieu de culte de deux tumulus (tombes celtes). Une sensation, car personne n'avait encore la preuve que les Celtes occupaient le site avant les Romains. L'hypothèse semblait pourtant bonne puisque le nom Mogontiacum dérive de celui du dieu celte de la lumière : Magon. La majorité des habitants de la ville était probablement des celtes romanisés, qui respectaient les cimetières de leurs ancêtres.

Andrew COLE et Rainer FAHR



Lors des fouilles récentes d'un lieu de culte de la ville romaine de Mogontiacum (Mayence), la trouvaille la plus intéressante fut cette statuette ; cette dernière avait été brisée indiquant peut-être la pratique d'une sorte de malédiction, de magie celte.

Le chant d'amour des drosophiles

Pour séduire leur partenaire, les drosophiles mâles chantent avec leurs ailes.

Les drosophiles mâles séduisent les femelles... en chantant. Le chant de cour, grésillement ténu inaudible pour l'oreille humaine, ne résulte pas d'une improvisation romantique mais suit, au contraire, un rythme précis et propre à chaque espèce. Depuis les années 1960, de nombreuses équipes, notamment celle de H. Bennet-Clark, en Angleterre, s'intéressent à la communication acoustique chez ces mouches. Pour «chuchoter des mots doux», le mâle déploie une aile – parfois les deux – et la fait vibrer. La femelle «écoute» par l'intermédiaire d'un segment d'antenne sensible aux variations de pression de l'air. Quel est le rôle du signal acoustique dans la parade nuptiale ? Fanny Rybak, Bruno Moulin et Thierry Aubin, du laboratoire de neurobiologie de l'apprentissage et de la mémoire du CNRS, à la Faculté des sciences d'Orsay, ont mis au point une technique d'enregistrement du chant de cour, et montré que la communication acoustique joue un rôle essentiel dans la reconnaissance des partenaires.

Le rituel de la parade nuptiale de la drosophile, qui dure de une à dix minutes, est très précis et comporte divers signaux, visuels, tactiles, chimiques et acoustiques. Le mâle commence par s'orienter vers la femelle, puis, avec une patte antérieure pourvue de récepteurs gustatifs, se renseigne sur son identité, en touchant l'abdomen qui porte des substances chimiques, les phéromones. Il écarte alors une aile et la fait vibrer. Après quelques refus, la femelle finit par écarter ses plaques génitales et accepter l'accouplement.

Le chant de cour du mâle est constitué de deux types de signaux distincts, le chant pulsé et le chant sinusoïdal. Le chant pulsé est une succession d'unités sonores simples émises en rafales. C'est toujours la même unité qui est répétée, une douzaine de fois au plus. L'intervalle qui sépare deux unités est caractéristique de l'espèce : il est égal à



35 millisecondes chez *Drosophila melanogaster*, et à 56 millisecondes chez *Drosophila simulans*, par exemple. Le chant sinusoïdal est une onde sinusoïdale régulière, une sorte de bourdonnement. Les deux signaux peuvent être émis isolément, successivement ou, parfois même, simultanément.

Le chant de cour ne porte qu'à très courte distance, tout juste à quelques millimètres. Au laboratoire, les deux partenaires sont placés dans une petite chambre acoustique bien isolée : l'équipe d'Orsay enregistre, d'une part, les bruits émis par le couple de drosophiles et le bruit de fond, et, d'autre part, uniquement ce bruit de fond. La soustraction des signaux des deux enregistrements simultanés permet à F. Rybak et à T. Aubin d'isoler les signaux spécifiquement émis par le couple. Ils ont ainsi confirmé que les femelles sont presque insensibles aux variations de fréquences des deux types de chants, mais qu'elles sont très sensibles à l'intervalle de temps qui sépare les unités sonores à l'intérieur d'une même rafale du chant pulsé et à la durée de chaque rafale, c'est-à-dire au nombre d'unités sonores par rafale.

Toutefois, une question restait ouverte : lors de la parade nuptiale, l'attitude des femelles est-elle dictée plutôt par les signaux acoustiques (le chant) ou par les signaux chimiques (les phéromones) ? Pour dissocier odeurs et chant, l'équipe d'Orsay a réussi à obtenir des mâles muets et des mâles sans odeurs. S'il est aisé d'obtenir des mâles muets – il suffit de leur couper les ailes –, l'élimination des substances responsables des odeurs était plus difficile.

On a montré que le gène «transformeur», participe à la différenciation sexuelle et à la production des phéromones. Son expression peut être inhibée à volonté lorsqu'il est associé à un gène codant une protéine de choc thermique. Ce dernier n'existe pas naturellement dans le génome des drosophiles. F. Rybak, Gilles Sureau et T. Aubin l'ont inséré dans le génome des parents des mâles utilisés pour l'expérience : en faisant subir aux drosophiles un choc thermique à 37 °C, on déclenche l'expression de la protéine de choc thermique, laquelle inhibe la synthèse des phéromones : ils ont ainsi obtenu des mâles sans odeurs, mais qui ont une parade normale, chantent et s'accouplent.

Les expériences ont révélé que les femelles sont plus sensibles aux signaux acoustiques qu'aux signaux chimiques. La communication acoustique semble être un mécanisme clé de reconnaissance de l'espèce, qui évite les accouplements entre espèces différentes.

Marie-Thérèse LANDOUSY

Éclaircies sur Titan

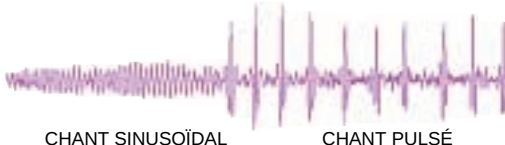
Bulletin météo sur Titan : importants passages de nuages de méthane.

Une partie du voile vient de se lever sur Titan, la plus grosse des 22 lunes de Saturne, jusqu'à présent masquée par d'épaisses brumes orange, opaques en lumière visible. Caitlin Griffith, de l'Université d'Arizona, a observé son atmosphère grâce au télescope infrarouge Keck, à Hawaii : des gros nuages s'y forment, y circulent, et se dissipent en quelques heures. Il pleut sur Titan, mais les pluies qui s'y abattent sont des pluies de méthane !

L'atmosphère de Titan se compose d'azote (95 pour cent), d'argon, d'hydrogène et d'hydrocarbures, ce qui la rend similaire à l'atmosphère de la Terre primitive. Elle contient en outre deux à quatre pour cent de méthane, ce qui intriguait les astronomes. En effet, Titan est bombardée de photons, dont la densité est cent fois inférieure à celle qui atteint la Terre. Ils sont toutefois assez nombreux pour décomposer le méthane en molécules organiques, des aérosols qui retombent sur Titan. Le méthane aurait dû disparaître peu à peu de l'atmosphère, et les réserves devraient être épuisées depuis 4,5 milliards d'années d'après les estimations des astronomes ! Or ce n'est pas le cas.

La partie basse de l'atmosphère (la troposphère) contient dix pour cent de méthane et les couches supérieures environ deux pour cent. Par conséquent, les réserves de méthane atmosphérique se renouvellent. Comment ? La découverte de nuages montrerait l'existence d'un cycle du méthane, similaire au cycle de l'eau sur Terre. Le méthane s'évaporerait du sol, peut-être de lacs ou de réserves dans un sol poreux. Il se condenserait dans la troposphère et formerait des nuages à une altitude de 15 kilomètres. Puis, il pleuvrait.

Toutefois, les nuages se condensent sur la Terre grâce à des germes (pollens, sels...) bien sûr inexistantes sur Titan. Les astronomes expliquent alors le cycle du méthane grâce à une autre hypothèse, proposée par Régis Courtin, à l'Observatoire de Meudon. Selon lui, les couches basses de l'atmosphère seraient saturées en méthane, et lorsque la tension de vapeur saturante serait atteinte, le méthane passerait de l'état gazeux à l'état liquide et de grosses gouttes retomberaient sur le sol. Enfin, selon d'autres astronomes, l'atmosphère de Titan serait tellement instable



La structure du chant est un signe de reconnaissance chez les drosophiles.