



Association Défense Nature Passpartou

Audition du 20 novembre 2019

Synthèse des échanges

Participants :

ADN Passpartou :

- M. Thierry HOOLANS, président

EDF :

- Stéphane THIRIET, chef de projet

Commission Nationale du Débat Public (CNDP) :

- Bernard-Henri LORENZI, garant

FRANCOM :

- Clément DEVIEILHE, consultant (pour le compte-rendu)

Déroulement de la réunion :

La réunion s'est tenue le 20 novembre 2019 de 17h à 18h15.

En introduction, Bernard-Henri LORENZI a présenté le rôle des garants durant cette concertation.

Stéphane THIRIET est revenu sur la concertation préalable en cours, les permanences, réunions publiques et les auditions précédemment réalisées avec des organismes tel que l'Office de l'Environnement de Corse, ayant amené à discuter notamment des enjeux environnementaux.

Il est ensuite revenu sur les fuseaux de passage proposés à Bonifacio ainsi que leurs enjeux et les travaux envisagés sur ces fuseaux.

La présentation du projet et plus particulièrement des fuseaux proposés à Bonifacio a été l'occasion d'un échange entre EDF représenté par Stéphane THIRIET et M. HOOLANS, président de l'ADN Passpartou, notamment sur les enjeux du milieu marin.

Synthèse des échanges :

M. HOOLANS indique que le secteur maritime au large de Piantarella est une zone à enjeux, en termes de fonds marins et en raison de la présence touristique importante en été et des nombreux mouillages.

Stéphane THIRIET est bien conscient des enjeux que représente cette zone pour en préserver les fonds marins. Concernant les mouillages, il rappelle que les services de l'État ont vocation à réglementer leur présence et à les éloigner des zones naturelles à enjeux comme celle-ci.

M. HOOLANS fait remarquer qu'il semble moins y avoir ce type d'enjeux à la Cala Sciumara.

Stéphane THIRIET précise que des études récentes ont été réalisées par l'Université de Corte. Elles indiquent un passage préférentiel entre le littoral et l'îlet de Piana avec une présence limitée d'herbiers à posidonies plutôt sur matte dans le secteur de Piantarella. Au niveau de la Cala Sciumara où on trouve davantage de l'herbier sur roche moins résilient que l'herbier sur matte. D'autre part, la présence de deux liaisons passant déjà par la Cala Sciumara augmente les contraintes techniques sur ce scénario.

De ce point de vue, les enjeux naturels en mer sont donc dans l'ensemble assez équilibrés entre les deux scénarios. Le scénario Piantarella, quant à lui, présenterait l'opportunité de supprimer plusieurs pylônes et de déplacer le poste de transition de Bonifacio plus au nord, ce qui a été souligné et souhaité par la plupart des habitants présents lors des précédentes réunions et ateliers publics.

Stéphane THIRIET est ensuite revenu sur les sujets de préoccupation abordés lors de ces réunions publiques. Parmi eux : la sécurité sous les lignes et les champs électromagnétiques. Concernant ces derniers, les ordres de grandeur ont été rappelés - champ magnétique statique de la ligne équivalent au champ terrestre (40 micro-teslas) et 1000 fois inférieur au seuil de sensibilité indiqué par l'Union européenne et l'OMS -, ainsi que le caractère décroissant de ce champ en fonction de la distance.

À ce sujet, M. HOOLANS a tenu à informer des problèmes que peuvent entraîner ces champs magnétiques pour les animaux migrateurs, que ce soient dans les airs ou en mer. Les cétacés, par exemple, s'orientent principalement via le champ magnétique terrestre. Une perturbation de ce champ pourrait les désorienter et perturber leur alimentation.

Stéphane THIRIET informe que la situation pour les fonds marins sera quasiment inchangée : il y aura toujours un câble et donc un champ magnétique statique entre la Sardaigne et la Corse, à peu près au même endroit, quel que soit le scénario choisi.

M. HOOLANS précise que les humains et les autres espèces n'ont pas les mêmes sens ni les mêmes points de repère. La prudence est donc requise.

Stéphane THIRIET assure que les maîtres d'ouvrage seront vigilants à ce sujet. Il précise d'autre part que la liaison SACOI qui est en service depuis 1964 présente des variations importantes de fonctionnement liées à son exploitation (sens du transit et puissance transitée qui peuvent varier) et à sa maintenance (la ligne est régulièrement mise en/hors service) et que le champ magnétique induit varie en conséquence sans qu'il n'ait été identifié de perturbation vis-à-vis des cétacés.

M. HOOLANS propose de mettre les maîtres d'ouvrage en relation avec les organismes de recherche sur les cétacés, tels que le GREC (Groupe de Recherche sur les Cétacés).

Stéphane THIRIET fait remarquer que les perturbations provoquées par le tourisme et la plaisance sont potentiellement plus importantes pour les cétacés que celles des câbles.

M. HOOLANS indique qu'il serait préférable de réaliser les travaux au moment où l'activité humaine est la plus importante (en été par exemple). Cette période de forte activité éloigne en effet les cétacés du littoral. Il informe que les périodes à éviter pour les travaux sont les mois d'octobre, novembre et décembre, correspondant au moment où les mammifères marins reviennent se nourrir avec la baisse de température des eaux (amenant avec elle la nourriture) et de l'activité humaine. Le printemps (des mois de mars à juin) serait également à éviter pour des raisons similaires.

M. HOOLANS informe par ailleurs que les travaux dans les fonds sableux sont plus favorables car ce milieu amortit davantage la pression sonore par rapport aux roches. Il serait donc plus propice de réaliser des travaux dans des zones sableuses.

Pour conclure sur cette question, Stéphane THIRIET a rappelé que la phase chantier est encore loin, et toutes ces questions (notamment celle de la période du chantier) seront étudiées d'ici là avec Terna, opérateur italien chargé de la pose des câbles sous-marins.

M. HOOLANS a alerté sur le risque de création de matières en suspension lors des forages dirigés, observé notamment lors de fouilles archéologiques.

Stéphane THIRIET admet que la période des travaux risque d'être la plus perturbante pour le milieu marin, mais l'objectif recherché est qu'elle soit temporaire et la plus réduite possible, avant un retour à l'état initial du milieu impacté. L'objectif sera de les éviter lorsque c'est possible, notamment en cas de passage par Piantarella : le passage à l'ouest de l'île de Piana par les bancs de sable sera ainsi privilégié.

Stéphane THIRIET confirme qu'un voire deux forages dirigés pourraient être envisagés pour l'atterrage à Piantarella, permettant ainsi d'enfouir le câble le plus loin possible. Les études de détail viendront préciser le tracé et l'objectif serait d'éviter au maximum l'herbier sur roche, étant le plus fragile.

M. HOOLANS demande des précisions concernant la ligne sur le scénario Cala Sciumara et demande si elle pose problème à certains habitants, ce à quoi Stéphane THIRIET répond que les habitants soutiennent davantage le scénario Piantarella dans l'optique d'une suppression de la ligne aérienne existante jusqu'au nouveau poste de transition qui serait créé plus au nord.

Annexes : Compléments apportés par M. Hoolans sur le compte-rendu

Bonjour M. THIRIET

Comme je vous l'avais dit au téléphone ce 4 décembre, je voudrais que l'on rajoute à cette synthèse ce qui suit :

Au début de notre discussion j'avais émis le souhait que EDF puisse plus s'investir dans l'énergie renouvelable.

J'avais notamment parlé des panneaux photovoltaïques pour lequel je m'étais moi-même investi puisque nous avons une production de trois kilowatts au maximum et, d'ailleurs, nous aurions voulu en mettre plus, mais, à l'époque, ce n'était pas autorisé.

Toujours est-il qu'aujourd'hui c'est un investissement qui aurait pu être fait, non pas, dans des champs ou du maquis abattus pour l'occasion, mais bien sûr tous les bâtiments existants, que cela soit des maisons de particuliers, des hangars, des bâtiments publics, quel qu'en soit l'origine, il y a assez de toit pour pouvoir poser des panneaux photovoltaïques et caloriques, ce qui éviterait, dans le même temps, d'économiser de l'électricité.

Je vous avais, même, fait remarquer que les éoliennes étaient, certes, rentables mais polluantes, car elles émettent des vibrations sonores qui dérangent et tuent fortement, pour les éoliennes offshore, par cette pollution, nous le savons maintenant, sur une large étendue autour de celle -ci.

Lors de notre première rencontre, chez vous, à Ajaccio, nous avons, même, évoqué la difficulté de stockage de cette électricité produite de façon irrégulière.

Savez-vous qu'il existe des batteries pour stocker l'énergie cinétique, dont un brevet français qui consiste à stocker de l'air sous haute pression dans des réservoirs utilisés pour les techniques de la construction aéronautique.

<https://www.mdi.lu/technologie>

D'autres systèmes de stockage d'énergie cinétique existent, sans, pour autant avoir la nécessité de créer plusieurs réservoirs entre des barrages hydrauliques qui défigurent un espace naturel et demande énormément d'investissent.

D'ailleurs, je vous avais fait remarquer, qu'au niveau des éoliennes terrestres, les éoliennes émettaient également des vibrations dans le sous-sol qui affectent la santé des animaux tout autour, de plus, certains oiseaux en sont, également, victimes.

Aussi, avant de commencer la conversation, j'avais dit que j je participe à cette consultation afin d'éviter le **pire** et de gérer le **moins pire**.

Cela, uniquement, dans l'intérêt de la biodiversité, et, donc, immanquablement, afin d'éviter la disparition ou pas des individus qui ne pourrait plus se nourrir, se reproduire, avoir une vie sociale, car, sans ces éléments indispensables , cette biodiversité constituée de multitude de formes de vie, meurt et disparaît petit à petit, sans pour autant, que nous nous en apercevions, éliminant, là encore et toujours, cette nécessité à la vie humaine.

Concernant les émissions des flux magnétiques statiques, même si ces dernières sont minimisées par rapport au magnétisme terrestre, comme vous pouvez le constater sur le document ci-joint, pratiquement toutes les espèces, qu'ils soient

marins terrestres ou aériens, sont sensibles à de petites différences, surtout pour des espèces qui migrent en navigations hauturières et qui ne disposent, de ce fait, pas de repères terrestres, sont fortement influencées par de toutes petites modifications magnétiques.

Pour la partie qui nous concerne les espèces pélagiques passent par des endroits plus près de la côte comme les bouches de Bonifacio, la Tyrrhenian Sea ,et la Ligurian Sea.

Pour votre information je vous invite à consulter les autres fichiers ci-joint

**Je reste à votre disposition pour toute collaboration
Naturellement vôtre**

Thierry HOOLANS

WIKIPÉDIA

Échouage des mammifères marins

L'**échouage des mammifères marins** sur les côtes est un phénomène qui provoque souvent la mort des cétacés et des pinnipèdes par état de choc ^[évasif].

Les causes des échouages sont multiples et peu étudiées. Elles peuvent être d'origine anthropique ou non : fatigue extrême liée à des conditions météorologiques exceptionnelles, épizooties, intoxications, perturbation des sonars par les activités humaines, famine liée à la surpêche…

Un échouage vivant entraîne, dans les pays expérimentés, une intervention pour renflouer l'animal (cas particulier des échouages massifs) et l'aider à rejoindre des eaux plus profondes, ou, si son état le nécessite, une hospitalisation dans des infrastructures adaptées.



Un échouage massif de globicéphales sur les rives du Cap Cod (Massachusetts, États-Unis), en 1902.



Une baleine à bosse échouée sur une plage de l'île Baranof (Alaska, États-Unis).

Sommaire

Causes

- Naturelles
- Humaines
 - Pollution sonore
 - Surpêche
 - Chasse

Échouages dans des fleuves

Interventions humaine sur échouages de cétacés

Techniques pour l'élimination des carcasses

- Équarrissage
- Explosion de baleine
- Immersion de carcasse
- Enfouissement et décomposition naturelle

En France

Références

Voir aussi

- Articles connexes
- Lien externe

Causes

Naturelles

Les échouages de cétacés peuvent être le fait d'animaux épuisés soit par des conditions météo exceptionnelles (tempête en mer durant plusieurs jours) soit par des maladies diverses. Ainsi, certaines épizooties sont à l'origine d'importants échouages, par exemple le *Morbillivirus* (Dolphin Morbillivirus ou DMV) qui a frappé les dauphins bleus et blancs (*Stenella coeruleoalba*) de Méditerranée au cours des années 1990 et 2000 ^{1,2,3}.

Des scientifiques ont avancé que les tempêtes solaires qui engendrent des perturbations pourraient générer des anomalies magnétiques terrestres temporaires. Or certains scientifiques ont décelé la présence de magnétite connectée à des neurones dans la dure-mère ^{4,5}, ainsi sans certitude cependant certains cétacés pourrait s'orienter en fonction du champ magnétique terrestre (de façon analogue au sens de l'orientation des tortues, oiseaux, langouste notamment) ⁶ : leur sensibilité magnétique pourrait être une cause supplémentaire de désorientation.

Humaines

Pollution sonore

Une hypothèse est que certains bruits propagés sous l'eau peuvent désorienter les cétacés ou interagir négativement avec leur système d'écholocation, et que des bruits violents peuvent les rendre plus ou moins sourds (exercices militaires, explosions utilisés pour les sondages, certains sonars). Des travaux sont en cours pour mieux évaluer l'impact de la pollution sonore des océans sur les cétacés. Le laboratoire de bioacoustiques de l'Université polytechnique de Catalogne a créé un système portable d'évaluation de la perte d'audition des cétacés, évitant de devoir stresser et déplacer les animaux pour ce test. Un diagnostic des risques pour la survie des cétacés échoués pourra se faire *in situ*⁷. Comme tous les animaux évolués, une exposition chronique au bruit peut affecter l'audition des cétacés. L'université de Catalogne a montré que certaines sources humaines de bruits marins augmentaient le nombre de collisions entre ces mammifères marins et des bateaux. On cherche maintenant à comprendre pourquoi et comment réduire ce risque, d'autant que le bruit est de plus en plus utilisé par les pingons pour éloigner marsouins et dauphins des filets de pêche. Plusieurs équipes de recherche travaillent également sur des solutions destinées à éviter les interactions entre cétacés et obstacles d'origine humaine, tels que par exemple des filets de pêche.

En mai-juin 2008, un échouage massif d'une centaine de dauphins d'Électre a lieu à Madagascar. Les causes avancées par les spécialistes sont épidémie, intoxication naturelle ou humaine, événement océanique ou météorologique mais aussi l'hypothèse que ce soit les sonars d'un bateau de recherche pétrolière de la société ExxonMobil parti la veille des échouages^{8,9}.

Surpêche

Chasse

Certaines techniques de chasse pourraient favoriser l'échouage de groupes de mammifères marins, comme en témoigne l'explorateur écossais Martin Martin à propos d'un échouage de baleines en 1711¹⁰ : « Il y a beaucoup de baleines de différentes tailles qui fréquentent la baie des Harengs sur la côte Est (de l'île de Lewis) ; les natifs, ensemble, emploient beaucoup de bateaux dans la poursuite de ces baleines, les pourchassant pour qu'elles rentrent dans la baie, jusqu'à ce qu'ils blessent mortellement l'une d'entre elles et alors elle va s'échouer ; et ils disent que toutes les autres suivent la trace de son sang et s'échouent elles aussi de façon analogue. Il y a 5 ans environ 50 baleines furent tuées de cette façon, et la plupart mangées par le peuple qui par expérience les trouvent très nourrissantes. C'est ce que m'ont assuré plusieurs personnes, mais particulièrement par des gens pauvres et maigres qui sont devenus dodus et vigoureux par cette nourriture en l'espace d'une semaine : ils l'appellent porc marin car c'est ainsi qu'on le traduit de leur langage (gaélique) ».

Échouages dans des fleuves

Les cétacés se serviraient des lignes du champ magnétique terrestre (CMT) comme amers lors de leurs déplacements. Ils utiliseraient également le CMT comme repère pour « caler » leur horloge biologique. Anomalies, tempêtes, ou lignes perpendiculaires à la côte seraient autant de paramètres susceptibles de perturber la trajectoire des animaux. Dans les groupes de cétacés hiérarchisés et/ou à forte cohésion sociale, si le meneur d'un groupe « perd la boussole », le groupe entier se retrouve en danger. Les ondes des sonars utilisés par l'armée ou les détonations des canons à air (prospection sismique gazière et pétrolière), sont, quant à elles, responsables de fractures d'organes, à l'origine d'hémorragies internes. Ceux-ci en meurent sont souvent victimes d'une longue agonie et parfois retrouvés échoués sur les côtes. Les vagues de chaleur océaniques affectent aussi certains cétacés alors plus nombreux à s'échouer.

En 1989 à Port-la-Nouvelle, sur la plage du Rouet, une baleine s'est échouée, récupérée par Jean-Louis Fabre, on peut la voir au Domaine de Jugnes.

Le 20 janvier 2006, une baleine surnommée « Baleine de la Tamise » est apparue dans le fleuve londonien. Elle a nagé jusqu'à l'Albert Bridge, avant que des experts essaient de la reconduire jusqu'à la Mer du Nord. Elle est néanmoins morte le 21 janvier dans la soirée.

Le 13 novembre 2007 une baleine de 5 m, probablement *Balaenoptera acutorostrata*, est rencontrée échouée à proximité du hameau de Piquituba en Amazonie centrale sur le fleuve Tapajos (fleuve claire, affluente du Rio Amazone) à plus de 1 000 km de l'embouchure de l'Amazone¹¹. Elle poursuit sa route et s'échoue de nouveau près du hameau de Jaguarituba, où elle est blessée à l'abdomen par un curieux. Blessée et stressée par l'incessant ballet d'embarcations autour d'elle, elle fuit de nouveau et meurt le 20 novembre, avant le début de l'opération de sauvetage, à São José, sur le rio Arapiuns, affluent du Tapajós^{12, 13}.

Interventions humaine sur échouages de cétacés

Les échouages sont des urgences médicales absolues qui nécessitent des équipes de sauveteurs, vétérinaires spécialisés, et tout protagoniste formé à ce genre de situation. Les échouages et détresses de mammifères marins sont coordonnées en France par le Réseau National d'Échouages^[réf. souhaitée]. Dans de nombreux cas d'échouages à travers le monde, ces intervenants sont des bénévoles. Les interventions, sur des animaux vivants représentent des risques pour la sécurité et la santé des animaux et des sauveteurs. Pour les animaux, la détresse et le stress



« Baleine dévorée par des loups » (1871), gravure tirée de *L'opinion publique* périodique montréalais.

engendrés par l'échouage peuvent mener à des comportements imprévisibles et dangereux (ex. : des coups de queue d'une force incroyable). Les sauveteurs sont eux mis à mal par la fatigue et le stress. De même, les risques sanitaires et de transmission de maladie entre l'homme et l'animal sont réels. En cas de découverte d'animaux échoués, vivants ou morts, il ne faut pas intervenir et contacter les autorités.

Des formations existent à travers le monde pour apprendre à intervenir en cas d'échouages, notamment en Nouvelle-Zélande avec l'association Project Jonah.

Techniques pour l'élimination des carcasses

Les carcasses représentent des risques sanitaires considérables (développement de bactéries...), mais aussi des risques sécuritaires (risques de collisions pour des carcasses flottantes, ou explosion par accumulation des gaz lors de la décomposition). Plusieurs techniques existent :

Équarrissage

L'équarrissage des animaux morts est la méthode la plus fréquemment employée pour évacuer les cadavres volumineux. Il consiste en la découpe de la carcasse, hors de l'eau, puis en l'acheminement en centre d'équarrissage. Cette technique présente de nombreux inconvénients, dont des risques sanitaires.

Explosion de baleine

Des explosions spontanées, ou provoquées afin d'éliminer le cadavre, ont été recensées dans l'histoire et sont devenues célèbres grâce à internet. En France, au regard des risques sécuritaires engendrés par cette technique, ce sont les services de l'État qui pilotent ce genre d'opérations.

Immersion de carcasse

Une autre technique récente, consiste en l'immersion au fond des océans des carcasses. Cette formidable quantité de matière organique retournant à l'écosystème représente un bénéfice énorme pour les espèces des profondeurs. De même, le suivi de la décomposition représente un très grand intérêt scientifique, avec dans certains cas, la découverte de nouvelles espèces (notamment de micro-organismes)¹⁴. Cette technique réclame une certaine logistique, mais est sûrement une des plus sécuritaires¹⁴.

Enfouissement et décomposition naturelle

Dans certaines régions et pour certains peuples, les cétacés sont inscrits dans la culture, les croyances et les mythes. Les animaux seront donc enterrés, parfois même accompagné de cérémonies (par exemple pour les Maoris en Nouvelle-Zélande).

Dans d'autres régions peu peuplées, les carcasses sont laissées à l'abandon et se décomposent naturellement.

En France

En France où tous les mammifères marins sont protégés par la loi¹⁵, le nombre des échouages tend à augmenter et leurs causes sont souvent encore mal comprises, et probablement multifactorielles. Selon les études faites à partir d'animaux marqués et à partir de l'étude de dérive des carcasses emportées par les courants, environ 8 % des animaux morts en mer finissent par s'échouer¹⁵.

Depuis le début des années 1970 en métropole, puis à partir des années 1990 en outremer, les échouages de mammifères marins sont suivis, répertoriés et étudiés par le « Réseau National d'Échouages » (RNE), avec l'aide de plus de 300 correspondants locaux, coordonnés par l'*Observatoire PELAGIS* (ex-*Centre de Recherche sur les Mammifères Marins*) hébergé par le CNRS à La Rochelle¹⁶. Les échouages ont régulièrement augmenté de 1980 à 2012, pour un total de 17 054 animaux échoués et signalés¹⁵ ; Ce sont presque toujours des cétacés morts en pleine mer (de causes naturelles ou accidentelles) et déposés par les courants sur le littoral. C'est le dauphin commun qui est le plus souvent retrouvé (mort, souvent après capture accidentelle), alors qu'il s'agit d'une espèce qui semble en rapide régression : (- 5,5 % / an). Leur nombre pourrait être divisé par cinq en 30 ans et l'espèce conduite à risquer l'extinction dans environ 100 ans¹⁷.

Le nombre de marsouin commun, grand dauphin, phoque gris et phoque veau-marin trouvé échoués a aussi significativement augmenté depuis la fin des années 1990¹⁵. En 1993, seuls le phoque veau-marin et le phoque gris sont classés avec un statut global jugé « favorable ». Le cachalot est classé espèce menacée par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), et vulnérable en France et dans le monde alors que le rorqual commun est jugé quasi-menacé de disparition en France.

« Avec 1 036 échouages, le résultat de l'année 2011 est le plus important jamais enregistré »¹⁵

« (...) La façade atlantique regroupe les trois quarts des échouages enregistrés depuis 1980¹⁵. En Manche – mer du Nord, les départements du Nord,

du Pas-de-Calais et de Picardie sont les plus concernés. Ceux-ci sont principalement concentrés sur le littoral des Landes, du Finistère, de la Gironde, de la Charente-Maritime, de la Vendée et du Morbihan¹⁵. ».

La surpêche des eaux côtières et du large peut affecter les cétacés en les privant d'une partie de leur nourriture, ainsi que par les filets ou le dérangement des animaux lors de leurs chasses, de leur migration ou de leur reproduction. Les écosystèmes marins sont en outre dégradés par de nombreux polluants moins visibles que les marées noires mais plus actifs à faibles doses (pesticides, dioxines, PCB, perturbateurs endocriniens, mercure, plomb, cadmium, etc.). Les accidents semblent fréquents : ainsi « 50 % des marsouins échoués sur les côtes normandes en 2006 présentaient des traces de capture accidentelle d'un engin de pêche (CRMM, 2007) »¹⁵.

Références

- ↑ « Epizootie de morbillivirus en Italie | GECEM » (https://www.gecem.org/actualite/epizootie-morbillivirus-italie), sur *www.gecem.org* (consulté le 3 octobre 2017).
- ↑ M. Domingo, J. Visa, M. Pumarola et A. J. Marco, « Pathologic and Immunocytochemical Studies of Morbillivirus Infection in Striped Dolphins (*Stenella coeruleoalba*) », *Veterinary Pathology*, vol. 29, n^o 1,‎ 1992, p. 1–10 (DOI 10.1177/030098589202900101 (https://dx.doi.org/10.1177%2F030098589202900101), lire en ligne (http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/030098589202900101)).
- ↑ Futura, « Dauphin bleu et blanc » (http://www.futura-sciences.com/planete/definitions/zoologie-dauphin-bleu-blanc-9686/) (consulté le 2 novembre 2017).
- ↑ DAS Krishna, « Les échouages de cétacés : une méprise magnétique ? [archive] ; Cahiers d'Ethologie ; avec orbi.ulg.ac.be. PDF, 5pp. » (http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/2082/1/1996%20Cahiers%20d%27%C3%A9thologie.pdf), sur *orbi.ulg.ac.be*, 1996 (consulté le 4 octobre 2017).
- ↑ Cetacea, page Wikipédia.
- ↑ Robert Srygley, « Des boussoles chez les animaux », *PourLaScience.fr*, octobre 2006 (lire en ligne (http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/arti cle-des-boussoles-chez-les-animaux-19717.php), consulté le 4 octobre 2017).
- ↑ Communiqué (http://www.upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticies/the-first-portable-system-for-measuring-the-damage?set_language=en) de l'Université de Catalogne, présentant de travail d'une équipe internationale sur la mesure in situ (audiogrammes) de l'audition de cétacés (éventuellement échoués), consulté le 4 janvier 2009.
- ↑ Échouage massif de dauphins à Madagascar (http://tf1.lci.fr/infos/sciences/environnement/0,,3872719,00-echouage-massif-dauphins-madagasca r-.html), LCI.fr, 10/06/2008.
- ↑ Madagascar : Échouage massif de dauphins d'Electre (http://fr.globalvoicesonline.org/2008/06/13/507/), Global Voices Online, 13/6/2008.
- ↑ Description of the western islands of scotland by M Martin 1716 pp.5-6.
- ↑ http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u346068.shtml.
- ↑ http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u346278.shtml.
- ↑ http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u347153.shtml.
- ↑ « projet IMMERCET » (https://www.gis3m.org/sites/gis3m.org/files/doc/14-027_se_2016_immercet_rapport_final.pdf), sur *www.gis3m.org*, septembre 2016 (consulté le 28 avril 2017).
- ↑ ONML*État du milieu marin et littoral, État biologique ; Les échouages des mammifères marins en France* (http://www.onml.fr/onml_f/Les-echouag es-des-mammiferes-marins-en-France) 2013-04-08 .
- ↑ CNRS/UMS 3462, Université de La Rochelle.
- ↑ PAMM, chapitre évaluation initiale 20122, mise en œuvre de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin 2008/56/CE.

Voir aussi

Articles connexes

- Cetacea
- Pinnipède
- Carcasse de baleine

Lien externe

- La baleine de Luc (http://www.maisondelabaleine.com/) en janvier 1885, une baleine de 40 tonnes et de 19 mètres de long s'est échouée sur les rivages de la Côte de Nacre, à Luc-sur-Mer.

Ce document provient de « https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Échouage_des_mammifères_marins&oldid=158793492 ».

La dernière modification de cette page a été faite le 27 avril 2019 à 16:14.

Droit d'auteur : les textes sont disponibles sous licence Creative Commons attribution, partage dans les mêmes conditions ; d'autres conditions peuvent s'appliquer. Voyez les conditions d'utilisation pour plus de détails, ainsi que les crédits graphiques. En cas de réutilisation des textes de cette

page, voyez comment citer les auteurs et mentionner la licence.

Wikipedia® est une marque déposée de la Wikimedia Foundation, Inc., organisation de bienfaisance régie par le paragraphe 501(c)(3) du code fiscal des États-Unis.

Biologie animale

Des boussoles chez les animaux

La perception du champ magnétique de la Terre par certains animaux est aujourd'hui bien établie. Reste à en découvrir les mécanismes et à mieux comprendre comment les animaux s'en servent.

ROBERT SRYGLEY | 30 novembre 1999 | POUR LA SCIENCE N° 348 | 13MN



Les tortues marines effectuent de longues migrations en mer, milieu qui n'offre pas de repères évidents. Pourtant, elles reviennent pondre sur les plages de leur naissance. On sait que les variations du champ magnétique terrestre les aident à s'orienter.

Les tortues caouanes (*Caretta caretta*) éclosent sur la terre ferme, mais se dirigent très rapidement vers la mer, où elles se nourrissent et grandissent jusqu'à leur maturité. À partir des plages de Floride qui les ont vues naître, elles suivent un itinéraire circulaire. Celui-ci suit en général le Gulf Stream en direction du Nord, puis de l'Est, pour contourner la mer des Sargasses en direction de l'Europe occidentale, descend ensuite vers le Sud vers l'Afrique occidentale et revient vers l'Ouest dans la mer des Caraïbes. Lorsque les tortues reviennent pour pondre leurs œufs, la grande majorité d'entre elles retournent sur la plage même qui les a vues éclore.

Comment ces animaux s'orientent-ils dans une mer si vaste et apparemment dépourvue de repères précis ? De multiples études, certaines datant de plus de 40 ans, d'autres très récentes, démontrent que les tortues marines (voir les figures 1 et 3), mais aussi beaucoup d'autres animaux – l'abeille domestique, des fourmis, des papillons migrants, la langouste de Cuba, le pigeon domestique, le rat-taupe commun, etc. –, sont sensibles au champ magnétique terrestre et l'exploitent pour s'orienter. J'évoquerai quelques-unes des expériences les plus marquantes ayant mis en évidence une perception du champ magnétique chez des animaux et son rôle dans leur orientation. Sera ensuite abordée la question des mécanismes sous-jacents, question non résolue mais qui a connu des développements récents.

Revenons aux tortues marines. Dès la fin des années 1980, Ken Lohmann et ses collègues de l'Université de la Caroline du Nord ont émis l'hypothèse que, comme le champ magnétique terrestre dépend de l'endroit considéré le long de la route migratoire, il peut servir à l'orientation des tortues. Pour vérifier si l'orientation prise par des tortues nouvellement écloses dépend de celle du champ magnétique terrestre, les biologistes ont construit une cage métallique comportant des bobines électriques afin de recréer le champ magnétique régnant en trois endroits de l'océan Atlantique, situés sur la boucle migratoire. Ils ont capturé des tortues venant d'éclore et les ont munies d'un harnais, puis les ont immergées dans une cuve d'eau entourée par la cage métallique : dans chaque cas, les tortues ont nagé dans la bonne direction, celle correspondant à l'itinéraire migratoire (voir la figure 3).

Qu'est-ce qui, dans le champ magnétique, pourrait servir de poteau indicateur si évident pour les tortues venant de naître et n'ayant encore jamais quitté leur plage natale ? Et d'ailleurs, se fient-elles à un seul type de poteau indicateur ? Examinons pour commencer quels sont les repères qu'offre le champ magnétique terrestre (voir la figure 2). Avec son noyau constitué de fer liquide, la Terre se comporte comme une énorme barre aimantée. Les lignes de champ magnétique émergent du pôle magnétique Sud et convergent vers le pôle magnétique Nord. Le champ géomagnétique fait pivoter l'aiguille aimantée de nos boussoles de randonnée. Celles-ci sont sensibles à la polarité du champ géomagnétique : elles

indiquent à tout moment le pôle magnétique Nord. La polarité du champ est ainsi un premier repère, bien qu'il soit indéfini à proximité d'un pôle magnétique, où le champ magnétique est vertical.

Un deuxième repère d'orientation est l'angle que fait le champ magnétique par rapport à l'horizontale. Cet angle, nommé inclinaison magnétique, est de 90 degrés au pôle magnétique Nord, où le champ magnétique est vertical et dirigé vers le bas, et s'annule à l'équateur magnétique, où le champ est horizontal. L'inclinaison réaugmente ensuite, car le champ est à nouveau orienté verticalement au pôle Sud, mais cette fois vers le haut. Ainsi, l'inclinaison correspond à peu près à la latitude à la surface de la Terre, bien que l'équateur magnétique soit légèrement incliné par rapport à l'équateur géographique (cercle perpendiculaire à l'axe des pôles géographiques).

L'intensité du champ magnétique varie également dans l'espace et atteint son maximum près des pôles et son minimum à proximité de l'équateur magnétique. Cette intensité fournit donc un troisième élément d'orientation, si l'animal est capable d'en ressentir les variations. Dans les expériences de l'équipe de K. Lohmann sur les tortues caouanes, les chercheurs jouaient d'ailleurs à la fois sur l'inclinaison du champ et sur son intensité pour reproduire les champs magnétiques régnant en divers points de la route migratoire.

Polarité ou inclinaison du champ ?

Un repère de direction peut être ainsi fourni soit par la polarité, soit par l'inclinaison du champ géomagnétique. Pour les abeilles, les fourmis, les langoustes de Cuba, les rats-taupes aveugles de Zambie, pour ne citer que quelques espèces, c'est la polarité du champ magnétique terrestre qui procure à ces animaux une direction de référence. Ainsi, mon équipe de recherche étudie des fourmis coupeuses de feuilles (*Atta colombica*) actives la nuit dans la forêt tropicale humide du Panama et des papillons (*Aphrissa statira*) qui migrent à travers la mer des Caraïbes. Nous avons construit un grand dispositif à bobines électromagnétiques, de huit mètres cubes, permettant d'inverser la polarité du champ magnétique à l'intérieur de cette structure. Nous avons constaté, en 2003 pour les fourmis et en 2005 pour les papillons migrateurs, que ces insectes modifient leur direction (de près de 180 degrés pour les papillons) lorsqu'on inverse la polarité magnétique. Ces expériences, effectuées en prenant soin de masquer le soleil – un autre repère utilisable par les animaux –, démontrent que ces fourmis et papillons sont sensibles à la polarité du champ géomagnétique et suggèrent que des indices magnétiques sont utilisés pour l'orientation, en complément d'autres indices (visuels ou chimiques, notamment).

Pour les tortues marines et les oiseaux migrateurs, c'est l'inclinaison du champ magnétique qui offre une direction de référence. Des expériences menées en 1971 par

Wolfgang et Rosawith Wiltschko à l'Université de Francfort l'ont démontré pour les rouges-gorges européens. Des oiseaux en cage ont été soumis à diverses configurations magnétiques, notamment : le champ géomagnétique normal ; ce même champ avec sa composante horizontale inversée (c'est-à-dire même inclinaison, mais le Nord magnétique au Sud géographique) ; le même champ avec sa composante verticale inversée (c'est-à-dire une inclinaison inverse) ; le même champ avec ses deux composantes inversées (c'est-à-dire une polarité inverse) (voir la figure 4). L'agitation des oiseaux dans la cage définissait une direction de migration Nord-Nord-Est dans le premier et le quatrième cas, mais une direction presque opposée, Ouest-Sud-Ouest, dans les deuxième et troisième cas. Ces résultats démontrent que les rouges-gorges sont sensibles à l'inclinaison du champ, mais pas à sa polarité (qui est Sud-Nord dans les premier et troisième cas, et Nord-Sud dans les deuxième et quatrième cas). Ainsi, les oiseaux migrateurs et les tortues ne semblent pas percevoir la polarité magnétique. Ils distinguent plutôt la direction du pôle magnétique de celle de l'équateur grâce à l'inclinaison du champ magnétique local par rapport à une référence verticale, fournie par exemple par la gravité.

Sur les côtes de la Floride, des langoustes de Cuba (*Panulirus argus*) vivent dans des anfractuosités des récifs coralliens. Elles y reviennent après être allées se nourrir. Des recherches de K. Lohmann, datant de 1995, avaient montré que les langoustes sont sensibles à des inversions de la polarité du champ magnétique terrestre, mais pas

qu'elles sont sensibles à celles de l'inclinaison du champ. Cependant, lors d'une étude plus récente effectuée vers 2002, K. Lohmann et son collègue Larry Boles ont remarqué que quand on déplaçait des langoustes d'une quinzaine à une trentaine de kilomètres vers un lieu qui leur était inconnu, les crustacés, aux yeux occultés par des capuchons pour qu'ils ne puissent pas se servir de repères visuels, s'orientaient vers leur site d'origine, bien que la polarité du champ magnétique terrestre fût inchangée.

Les langoustes gardent le cap

Les deux chercheurs ont capturé un nouveau groupe de langoustes de Cuba et l'ont déplacé d'une trentaine de kilomètres. Sur le site où ils ont relâché les langoustes, des bobines électromagnétiques reproduisaient le champ magnétique régnant soit à 400 kilomètres au Nord, soit à 400 kilomètres au Sud de l'habitat récifal de ces crustacés. Les langoustes se sont dirigées vers le Sud dans le premier cas et vers le Nord dans le second cas, comme on s'y attendrait si elles percevaient non seulement la polarité du champ magnétique terrestre, mais aussi son inclinaison et son intensité (voir la figure 5).

Bien que les langoustes soient capables de migrer sur des distances de plus de 400 kilomètres, ces individus ne s'étaient probablement jamais rendus en un lieu où le champ magnétique terrestre était équivalent à celui créé artificiellement. Leur capacité à se diriger vers leur habitat d'origine après avoir été déplacées en un nouvel endroit indique donc une faculté de navigation, comme si elles

disposaient d'une carte. Dans le monde des langoustes, la polarité du champ géomagnétique fournit une direction de référence ; l'inclinaison et l'intensité de ce champ constituent, elles, un repère de position, que ces crustacés semblent percevoir et utiliser pour se localiser par rapport à leur habitat.

Si des animaux disposent d'une carte, il s'agit d'une représentation cognitive de l'espace, telle la mémoire plus ou moins précise que nous avons d'une carte sur papier. Un animal doté d'une carte cognitive devrait pouvoir trouver sa route vers une destination donnée à partir d'un endroit où il n'a jamais été auparavant. Le test consiste donc à vérifier si un animal trouve son chemin (généralement pour rentrer dans son repaire) à partir d'un endroit nouveau. Comme c'était le cas pour les langoustes, il s'agit de transporter l'animal vers cette nouvelle origine en supprimant tous les indices (visuels, chimiques, etc.) qu'il pourrait accumuler en chemin.

L'utilisation d'indices magnétiques à des fins d'orientation a également été mise en évidence chez de nombreux oiseaux migrateurs. Tel est le cas des parulines rayées (*Dendroica striata*). Lors de leur première migration automnale, les parulines rayées d'Europe occidentale se dirigent vers le Sud-Ouest, alors que celles d'Europe orientale se dirigent vers le Sud-Est. Ces deux directions évitent à ces fauveltes une traversée des Alpes, plus risquée. Des hybrides des deux populations se dirigent en moyenne vers le Sud ; cela suggère que l'orientation a une composante génétique. Les gobe-mouches noirs (*Ficedula*

hypoleuca) manifestent eux aussi un évitement des Alpes dans leur navigation à l'aide du champ magnétique. Ils se dirigent vers le Sud-Ouest quand on les soumet au champ magnétique de leur site de capture, au Nord des Alpes, alors qu'ils se dirigent vers le Sud-Est lorsqu'ils sont en présence du champ magnétique caractéristique d'Afrique du Nord.

Les changements de champ magnétique peuvent également induire des modifications de la physiologie migratoire. Cecilia Kullberg, de l'Université de Stockholm, et ses collègues l'ont montré en 2003 dans le cas du rossignol progré (Luscinia luscinia). Cet oiseau a constitué lentement des réserves de graisse quand on l'a soumis au même champ magnétique que celui d'un site suédois, au début de sa route migratoire. En revanche, les passereaux ont stocké des graisses plus rapidement quand ils ont été soumis au champ magnétique correspondant à un lieu du Nord de l'Égypte, à peu près au milieu de leur route migratoire. Il est possible que le champ magnétique reproduisant celui d'Égypte du Nord ait induit le besoin de faire davantage de réserves d'énergie, comme l'aurait nécessité une traversée sûre du désert du Sahara.

Une boussole assiste l'autre

De nombreux animaux se fient à plus d'un moyen de navigation, un repère type étant le Soleil pour les animaux diurnes et le mouvement des étoiles dans le ciel pour les passereaux migrants nocturnes. Or des moyens de navigation différents sont parfois en conflit. Par exemple,

les repères que constituent le Soleil et les étoiles sont tous deux fondés sur la rotation de la Terre autour de ses pôles géographiques, alors que la boussole indique les pôles magnétiques (le Nord géographique se situe dans l'océan Arctique, tandis que le Nord magnétique est décalé de 11 degrés et se situe sur l'île canadienne d'Ellsmere). L'angle entre l'axe des pôles géographiques et la direction du champ géomagnétique, nommé déclinaison magnétique, varie selon l'endroit où l'on se trouve à la surface du globe. Les pôles magnétiques n'étant pas des points fixes, la déclinaison change aussi à des échelles de temps de quelques années et ces pôles peuvent s'inverser à l'échelle de temps géologique (de l'ordre d'un demi-million d'années).

D'après des observations portant sur diverses espèces d'oiseaux chanteurs, ces volatiles utilisent le soleil couchant afin d'étalonner leur compas magnétique lors d'une migration nocturne. En 2004, William Cochran, naturaliste américain, Martin Wikelski, de l'Université de Princeton, et Henrik Mouritsen, de l'Université d'Oldenburg en Allemagne, ont exposé des grives à dos olive (*Catharus ustulatus*) migrant vers le Nord à un champ magnétique modifié, au moment du coucher du soleil. Ils ont ensuite lâché huit oiseaux munis d'un radio-émetteur au-dessus des plaines de l'Illinois. Avec un peu de chance et grâce à un bon chauffeur, ils ont pu les suivre en voiture équipée d'un récepteur adéquat. La première nuit, sous l'effet du champ magnétique modifié, les oiseaux ont changé de cap, mais ont repris leur route

migratoire la nuit suivante. Ainsi, les oiseaux se sont fiés à la direction du champ magnétique par rapport au soleil couchant et ont modifié leur cap en conséquence durant la première nuit ; la seconde nuit, les oiseaux ont réajusté leur boussole d'après leur compas solaire et volé dans la bonne direction.

Rachel Muheim, de l'Université de Lund, en Suède, et ses collègues ont récemment suggéré qu'avant de migrer, les oiseaux se fient davantage à leur compas solaire ou stellaire, alors que durant la migration ils se fient davantage à leur boussole magnétique et étalonnent en conséquence leurs repères célestes, lesquels se modifient au cours du déplacement. R. Muheim note que quand les oiseaux peuvent voir l'ensemble du ciel au moment du coucher du soleil, comme dans le cas des grives à dos olive, ils étalonnent leur boussole magnétique par rapport à la lumière du ciel, que ce soit avant ou pendant la saison migratoire. Ces conclusions restent cependant débattues et d'autres études de terrain seront nécessaires pour trancher.

De nombreux travaux ont ainsi clairement établi que divers animaux sont sensibles au champ magnétique terrestre et l'utilisent pour s'orienter. Les biologistes poursuivent ces études afin de préciser les caractéristiques de l'orientation et de la navigation de telle ou telle espèce. Cependant, une autre question importante se pose : quels sont les mécanismes et les structures anatomiques responsables de la perception du champ géomagnétique ?

La réponse à cette question est encore largement inconnue.

La première découverte d'un organisme qui s'oriente en fonction du champ magnétique fut celle de bactéries magnétotactiques, en 1975. Il semble que ces micro-organismes s'enfoncent dans la vase en suivant les lignes de champ magnétique et trouvent ainsi le milieu le plus favorable à leur développement. Ces bactéries sont pourvues d'organites spécialisés, nommés magnétosomes, des vésicules contenant des cristaux de magnétite et alignées en chapelets (voir la figure 6). La magnétite est de l'oxyde de fer (Fe_3O_4), où, selon la taille et la forme des particules, les moments magnétiques des atomes adjacents adoptent une même direction et forment ainsi des domaines aimantés. Les particules de taille moyenne comprise entre 1,2 et 0,05 micromètre présentent un domaine unique, un « monodomaine », et agissent comme un aimant permanent. Pour un chapelet de particules, les moments magnétiques des particules s'additionnent, ce qui confère à la structure une bonne sensibilité à l'orientation du champ magnétique. Cependant, les cristaux de magnétite auraient tendance à s'agglomérer et non à s'assembler en chapelet s'ils n'étaient pas maintenus en place par quelque autre mécanisme. De plus, le chapelet doit être ancré d'une certaine façon à la cellule.

En 2005, l'équipe de Dirk Schüler, de l'Institut Max Planck de microbiologie marine à Brême, en Allemagne, a prouvé par des techniques génétiques qu'une protéine nommée MamJ est essentielle à l'alignement des magnétosomes.

Selon leur hypothèse, cette protéine fixe les magnétosomes le long de filaments appartenant au cytosquelette, un peu comme des perles enfilées sur un fil ; en se minéralisant, les magnétosomes commencent à s'attirer magnétiquement et se rapprochent, tout en restant fixés au filament, d'où la formation d'un chapelet de magnétosomes.

Des nanocristaux de magnétite

De telles microstructures magnétiques assurent-elles aussi la perception du champ géomagnétique chez les animaux ? Il y a quelques années, vers 2000, Nikolai Petersen et ses collègues, des Universités de Munich et de Francfort, ont mis en évidence des nanocristaux de magnétite (de moins de 0,01 micromètre), regroupés en amas de un ou deux micromètres de diamètre, dans le tissu qui recouvre la partie supérieure du bec des pigeons domestiques. Ces minuscules cristaux, trop petits pour avoir une aimantation permanente, sont dits superparamagnétiques (le champ géomagnétique ne peut pas faire tourner de tels cristaux ; en revanche, leur moment magnétique peut s'aligner avec un champ externe tout en laissant immobile le cristal).

Les chercheurs ont localisé ces structures superparamagnétiques dans des terminaisons nerveuses du nerf trijumeau, qui innerve la partie supérieure du bec. Le rôle de ce nerf dans la perception du champ magnétique a d'ailleurs été prouvé par des expériences effectuées en 2004 par Cordula Mora et ses collègues, de

l'Université d'Auckland. Notamment, des pigeons entraînés à détecter la présence ou l'absence d'une certaine anomalie de champ magnétique (un champ artificiel de 189 microteslas avec une inclinaison de -80 degrés, contre 44 microteslas et -64 degrés pour le champ géomagnétique) en sont devenus incapables après que leur nerf trijumeau a été sectionné.

Chez d'autres oiseaux, des chercheurs ont trouvé de la magnétite monodomaine dans les cavités orbitales et nasales. Mais qu'il s'agisse de magnétite monodomaine ou de magnétite superparamagnétique, on ignore les mécanismes neurophysiologiques dans lesquels ces cristaux interviendraient. Par ailleurs, il est possible que certaines boussoles animales ne soient pas fondées sur de la magnétite, mais sur des réactions chimiques que le champ géomagnétique modulerait. Un modèle théorique d'un tel mécanisme a été proposé en 2000 par le biophysicien Thorsten Ritz et ses collègues, à l'Université de l'Illinois à Urbana-Champaign, aux États-Unis. Il met en jeu des paires de radicaux (une telle paire est un couple de molécules chargées, maintenues dans une cage de molécules de solvant) dont les états de spin peuvent basculer d'un état A à un autre B à la suite de l'absorption d'un photon. Le champ géomagnétique modifierait l'équilibre de cette réaction réversible, c'est-à-dire qu'il modifierait, selon sa direction, le taux de réactions de l'état A à l'état B par rapport à celui des réactions allant de B à A.

Ce principe de perception est peut-être à l'œuvre chez les oiseaux où la boussole magnétique, sensible à l'inclinaison du champ géomagnétique, réagit aussi à la lumière. De telles boussoles ont fait l'objet d'expériences réalisées par l'équipe de W. et R. Wiltschko. Ainsi, le rouge-gorge européen était incapable de s'orienter dans l'obscurité, mais les oiseaux dont on avait occulté l'œil gauche s'orientaient dans la même direction que ceux dont la vision n'était pas entravée. En revanche, les oiseaux dont l'œil droit était obstrué étaient désorientés. Le système sensoriel périphérique faisant office de boussole d'inclinaison pourrait donc être localisé dans la rétine de l'œil droit et ses informations traitées dans l'hémisphère gauche du cerveau. En 2004, H. Mouritsen et ses collègues ont découvert des cryptochromes, des pigments photosensibles, dans des cellules ganglionnaires actives de la rétine de fauvettes de jardin migratrices, qui sont des candidats possibles à la formation de paires de radicaux.

Quoi qu'il en soit, il reste beaucoup à apprendre sur la façon dont les animaux perçoivent le champ magnétique. Il en est de même pour l'utilisation qu'ils en font. Par le passé, de nombreuses expériences ont été compromises par la nécessité de travailler sur des animaux en captivité. Avec les récepteurs GPS (Global Positioning Satellite ou système de localisation par satellite), il est devenu possible de suivre des animaux en milieu naturel sur de grandes distances. Mon équipe à l'Institut Smithsonian de recherches tropicales a ainsi utilisé des équipements standards de marine pour suivre des libellules et des

papillons migrateurs individuels, en traversant en bateau, à l'allure des insectes, le canal de Panama ou la mer des Caraïbes. Les pigeons domestiques et les oiseaux nicheurs côtiers sont assez grands pour être équipés d'enregistreurs de données GPS, et les tortues marines, les faucons et autres oiseaux de proie sont de taille suffisante pour qu'on puisse les équiper d'un système de suivi par satellite. Même des libellules ont été munies d'émetteurs radio et suivies en avion. À l'aide de suivis sur une longue durée, les scientifiques espèrent ainsi élucider quelques-uns des mystères de cet extraordinaire sens de l'orientation dont font preuve les espèces migratrices, un sens de l'orientation dont l'un des ingrédients essentiels est le champ magnétique terrestre.



[Télécharger la version PDF de cet article](#)

1

page 1.35 Mo



Article paru dans

Pour la science N°348 - Octobre 2006

[Voir le sommaire](#)

[Acheter le numéro](#)

[S'abonner](#)

Abonnez-vous et accédez à plus de 20 ans d'archives !



12 numéros + 4 hors-série
en version papier +
numérique

+ Accès illimité à plus de
20 ans d'archives

**JE
M'ABONNE**

Auteur

Robert Srygley

Robert SRYGLEY est chercheur au Département de zoologie de l'Université d'Oxford, en Grande-Bretagne, ainsi qu'à l'Institut Smithsonian de recherche tropicale, au Panama.

En savoir plus

K. J. LOHMANN et C. M. F. LOHMANN, Sea turtles, lobsters, and oceanic magnetic maps, in *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, vol. 39(1), pp. 49-64, 2006.

R. MUHEIM et al., Calibration of magnetic and celestial compass cues in migratory birds – a review of cue conflict experiments, in *Journal of Experimental Biology*, vol. 209, pp. 2-17, 2006.

S. JOHNSEN et K. J. LOHMANN, The physics and neurobiology of magnetoreception, in *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 6, pp. 703-712, 2005.

S. D. CAIN et al., Magnetic orientation and navigation in marine turtles, lobsters, and mollusks : concepts and conundrums, in *Integr. Comp. Biol.*, vol. 45, pp. 539-546, 2005.

W. WILTSCHKO et R. WILTSCHKO, Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals, in *J. Comp. Physiol.*, vol. 191, pp. 675-693, 2005.

POUR LA
SCIENCE

OFFRE NOËL

EN CADEAU
AVEC CHAQUE ABONNEMENT



JE M'ABONNE !