

Biophysique

Les acrobaties des mantes religieuses décryptées

Les sauts des jeunes mantes religieuses sont impressionnants. Plus brefs qu'un battement de cil – moins d'un dixième de seconde – ils sont d'une extrême précision. Cela leur est très utile pour se déplacer car, contrairement aux adultes, les jeunes mantes n'ont pas d'ailes.

Intrigués par ce talent acrobatique, atypique dans le monde des insectes, Malcolm Burrows, de l'Université de Cambridge, et Gregory Sutton, de l'Université de Bristol, ont étudié le phénomène et se sont aperçus que l'inclinaison du corps de l'insecte était régie par une chorégraphie bien définie de mouvements de rotation des pattes et de l'abdomen. Lorsque la mante saute, l'impulsion initiale imprime à l'insecte une certaine rotation, quantifiée par le moment cinétique. Une fois la mante en l'air, son moment cinétique total est conservé et reste quasiment constant jusqu'à l'atterrissage. Il est la somme des moments cinétiques des différentes parties du corps : l'abdomen, les trois paires de pattes, ... Quand l'une de ces parties effectue un mouvement de rotation, cela modifie son moment cinétique. Pour compenser, le moment cinétique d'une autre partie varie, ce qui change sa rotation. Les chercheurs ont dénombré quatre transferts de moment cinétique durant le saut, qui contribuent à maintenir le tronc de la mante religieuse à un angle d'environ 50 degrés par rapport à l'horizontale, afin qu'elle puisse arriver sur sa cible avec la bonne orientation. La mante religieuse a décidément le compas dans l'œil... ou dans le corps !

Il reste à présent à comprendre comment le cerveau de la mante contrôle les mouvements après que le saut a commencé, en réponse aux événements extérieurs. Les résultats pourraient s'appliquer à la conception de robots sauteurs, qui n'en sont pour l'instant qu'à leurs balbutiements.

M. P.

M. Burrows et al., *Current Biology*, vol. 25(6), pp. 786-789, 2015

Mathématiques

Prix Abel 2015 : John Nash et Louis Nirenberg

Chaque année, l'académie norvégienne des sciences et des lettres décerne le prix Abel à des chercheurs pour leurs travaux en mathématiques. John Forbes Nash Jr. et Louis Nirenberg partagent ce prix prestigieux pour « leur contribution importante et fondamentale à la théorie des équations aux dérivées partielles non linéaires et ses applications en analyse géométrique. »

John Nash est un mathématicien de l'Université Princeton qui a reçu le prix Nobel d'économie en 1994 pour ses travaux en théorie des jeux. Le film *Un homme d'exception* (Ron Howard, 2001) a fait découvrir ce mathématicien au grand public, en particulier son combat contre la schizophrénie.

John Nash s'est aussi penché sur des problèmes d'analyse géométrique. Cela l'a conduit à étudier des équations différentielles à plusieurs variables (des équations dites aux dérivées partielles) qui étaient considérées comme impossibles à résoudre. Il a alors développé une méthode itérative, modifiée par le mathématicien d'origine allemande Jürgen Moser, qui a pris le nom

de théorème Nash-Moser. En 1956, il rencontre Louis Nirenberg, de l'Institut Courant des sciences mathématiques à l'Université de New York, spécialiste des équations à dérivées partielles dites elliptiques et dont les contributions sont nombreuses (plusieurs résultats portent son nom : inégalités de Gagliardo-Nirenberg, théorie de Kohn-Nirenberg...).

Lors de cette rencontre, Louis Nirenberg suggère à John Nash de travailler sur un problème ouvert concernant des équations aux dérivées partielles dites elliptiques. John Nash le résout en quelques mois, indépendamment d'un mathématicien italien, Ennio De Giorgi. Le résultat est connu sous le nom de théorème de Nash-De Giorgi.

S. B.

www.abelprize.no



John Forbes Nash Jr. (à gauche) et Louis Nirenberg (à droite).

Une faille dans les écoducs

James Baxter-Gilbert et ses collègues, de l'Université Laurentienne au Canada, ont évalué l'efficacité des écoducs, passages souterrains aménagés pour que les animaux traversent une route sans danger. Ils ont observé des reptiles sur un tronçon routier en comparant la situation avant et après l'installation des passages et de clôtures. Les animaux utilisent les écoducs, mais préfèrent passer sur la route en profitant de brèches dans les clôtures. Ainsi, le succès des écoducs dépend de la bonne conception des barrières.

Une supernova lointaine passée à la loupe

Quatre images de la supernova SN Refsdal, située à 9,3 milliards d'années-lumière de la Terre, ont été détectées par Patrick Kelly, de l'Université de Californie à Berkeley. Cette « croix d'Einstein » est l'œuvre de l'amas de galaxies MACS J1149.6+2223

qui a joué le rôle de lentille gravitationnelle. En effet, les corps très massifs peuvent, en raison de leur fort champ gravitationnel, dévier les rayons lumineux qui passent à proximité et ainsi créer une image amplifiée, voire multipliée, d'une source située en arrière-plan.

Suivez les dernières actualités de Pour la Science sur les réseaux sociaux



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

POINT DE VUE

Loi sur la biodiversité : les scientifiques au pied du mur

Ambitieux, le projet de loi français sur la biodiversité révèle l'ampleur des recherches transdisciplinaires à effectuer pour le concrétiser.

Denis COUVET et Anne TEYSSÈDRE

Près de 40 ans après la première loi de protection de la nature (1976), le Parlement français a voté, le 26 mars dernier, le projet de loi relatif à la biodiversité soumis par le gouvernement. Il était temps. Seuls 22 % des habitats et 28 % des espèces d'intérêt communautaire sont en bon état, selon le préambule du projet de loi. Protéger des espaces et des espèces menacées ne suffit pas à enrayer la perte de biodiversité. Globalement, malgré quelques critiques et réserves, ce projet de loi est novateur et opportun. Il prend acte de l'impact croissant et souvent négatif des activités humaines sur la biodiversité tant remarquable qu'ordinaire, des populations d'organismes aux écosystèmes et paysages. Il modernise la prise en compte de la biodiversité dans le code de l'environnement en intégrant ses multiples dimensions : structurelle (patrimoniale), mais aussi évolutive et dynamique (se démarquant de la notion naïve d'équilibre de la nature) et, enfin, fonctionnelle, notamment pour les humains. Cette dernière dimension fonde le concept de « services écosystémiques », les services rendus aux sociétés par la biodiversité.

La future loi ambitionne de donner aux citoyens, tous acteurs socio-économiques, les moyens d'une gestion collective raisonnée et concertée de leurs territoires. Pour ce faire, son Titre I (articles 1 à 4) vise à renouveler la

vision de la biodiversité chez les acteurs et les principes d'action – deux objectifs prioritaires bien identifiés. Sur le plan opérationnel, la loi statue sur la gouvernance de la biodiversité aux niveaux national et régional (Titre II). Elle prévoit aussi la création d'une Agence française pour la biodiversité, qui appuiera la prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement (Titre III) ; la mise en place d'un cadre juridique pour les ressources

Les écologues admettent mal la pertinence des outils économiques pour préserver la biodiversité.

génétiques et les connaissances traditionnelles, afin d'éviter la biopiraterie (Titre IV) ; la simplification des outils de préservation (Titre V) ; et un élargissement de la préservation des paysages (Titre VI).

Ces ambitions ne sont pas sans risques. Le législateur est amené à manipuler des concepts scientifiques récents, complexes et souvent flous : biodiversité, services écosystémiques... Or l'urgence de la préservation des systèmes écologiques et d'une meilleure gestion des territoires requiert une traduction sociale de ces concepts, invitant les scientifiques à répondre au mieux à une demande politique majeure qu'il s'agira de traduire en termes scientifiquement rigoureux

– d'indicateurs, de scénarios, etc. Aussi cette loi interpelle-t-elle les scientifiques à plusieurs titres.

Par exemple, pour prendre en compte la biodiversité dans les décisions environnementales, la question de sa mesure s'impose : à quel niveau d'organisation biologique, à quelle échelle spatiale ? Comment interpréter des dynamiques divergentes à différentes échelles spatiales ? Il s'agit aussi de traduire ces dynamiques en termes de fonctionnement des écosystèmes.

La loi intègre la dimension dynamique de la biodiversité. Loin d'être une collection d'objets, celle-ci constitue un ensemble d'organismes vivants ou de systèmes écologiques en interaction et évolution continues, avec un potentiel d'adaptation à préserver. Au-delà de certains succès des politiques de préservation de la nature, dont elle prend acte, la loi souligne l'importance d'aller plus loin, notamment en prenant en compte la biodiversité ordinaire (400 millions d'oiseaux perdus en 30 ans en Europe, quelles conséquences écologiques, sociales ?), et introduit la notion de valeur écologique des habitats et milieux de vie (écosystèmes), elle aussi à expliciter.

De même, la notion de service écosystémique bouscule le monde des chercheurs. Elle interpelle nos conceptions de l'organisation sociale, exigeant de considérer la dimension irréductiblement collective du fonctionnement des écosystèmes, des interdépendances, de

l'échelle locale à celle de la biosphère. À ce titre, la loi introduit une notion importante : la solidarité écologique. Chacun de nous dépend de la bonne gestion de la biodiversité par les autres, que ce soit pour être protégé des crues, bénéficier d'eau et d'air de qualité, ou encore d'un climat favorable. Le dioxyde de carbone stocké dans les forêts amazoniennes conditionne le climat en Europe. Des pollutions sur des terres agricoles ont une incidence sur la qualité de l'eau dans leur bassin versant. Ces interdépendances devront être prises en compte par l'action publique. Grand progrès ! Toute la difficulté consistera, pour les chercheurs, à proposer des outils adéquats. Savoir déterminer les écosystèmes dont les fonctionnalités sont les plus importantes et les mesures sociales les plus légitimes pour préserver ces fonctionnalités. La loi s'intéresse hélas encore trop peu à la distribution sociale des coûts et bénéfices de la préservation ou de la destruction de la biodiversité.

Un objectif controversé est d'assouplir la préservation de la biodiversité, afin de mieux la concilier avec les activités humaines : éviter des mesures trop rigides qui conduisent à des conflits humains inutiles. Comment ? Notamment en créant un système de compensation écologique des impacts : une entreprise construit, paye pour une compensation ailleurs, et une autre entreprise-opérateur se charge de réaliser cette compensation. Cette ambition n'est pas sans ambiguïté – la conciliation entre biodiversité et activités humaines peut s'entendre de manières très différentes – ni sans danger. Cette souplesse peut améliorer l'acceptabilité sociale de la préservation de la biodiversité, mais elle peut aussi favoriser sa dégradation, si elle devient une financiarisation de la biodiversité. La façon dont elle sera utilisée est un enjeu important. Les scientifiques devront fournir des outils d'évaluation et de gestion suffisamment rigoureux et légitimes pour que les conséquences des compensations, leurs effets sur les infrastructures, puissent être discutées par les acteurs en vue de respecter à la fois maintien de la biodiversité et aspirations humaines légitimes.

Ce point révèle une ambiguïté de la loi : si elle anticipe bien les enjeux socio-économiques de la biodiversité, elle semble



LORSQU'UN PROJET DE CONSTRUCTION est envisagé dans un site non protégé, la loi rappelle qu'après avoir réduit au minimum les impacts sur la biodiversité, il importe de compenser les impacts résiduels en tenant compte de la valeur écologique des écosystèmes touchés. La prise en compte de la biodiversité ordinaire et de ses services écologiques devrait contribuer à éviter les projets dont l'utilité sociale ne justifie pas sa destruction.

■ LES AUTEURS



Denis COUVET est directeur du département Écologie et gestion de la biodiversité du Muséum national d'histoire naturelle, à Paris.



Anne TEYSSÈRE est écologue, chercheuse associée à ce département.

sous-estimer la dépendance des sociétés au fonctionnement des écosystèmes qu'elles habitent ou exploitent. Seule la valeur économique des services écosystémiques est mise en avant alors que ces « services » sont avant tout écologiques. Les chercheurs sont divisés sur ce point. Les sciences sociales sous-estiment parfois les déterminants écologiques des conflits sociaux. À l'inverse, biologistes et écologues ont souvent du mal à admettre que l'économie puisse être un outil de préservation de la biodiversité. Plus que jamais, ce flou appelle une approche transdisciplinaire du problème ; et même conjointe avec les réflexions sur le changement climatique, lequel soulève les mêmes interrogations.

Le projet de loi est ambitieux et bienvenu. Toute la question est de savoir si la société – pouvoirs publics, acteurs et citoyens, électeurs – se donnera les moyens de l'appliquer et de le traduire en actes concrets. ■



Réagissez au
Point de vue sur
www.pourlascience.fr

ENTRETIEN

« L'innovation thérapeutique est en panne »

Où en est le développement de nouveaux médicaments ? Malgré la pléthore de produits proposés sur les rayonnages des pharmacies, la chimie thérapeutique marque le pas. Le chimiste toulousain Bernard Meunier nous explique pourquoi.



Bernard MEUNIER est directeur de recherche émérite au CNRS et président de l'Académie des sciences.

Fondation Bertencourt Schueller

Développer de nouveaux médicaments coûte de plus en plus cher, ce qui est l'une des principales raisons de la concentration du secteur pharmaceutique en grands groupes. Cependant, il semble que la constitution de ces géants de la pharmacie n'a pas apporté que des bienfaits à l'innovation thérapeutique. Pour Bernard Meunier, la prise de risques et l'esprit pionnier en ont pâti.

POUR LA SCIENCE

Quelles sont aujourd'hui les grandes tendances de l'innovation thérapeutique ?

BERNARD MEUNIER : Les grands groupes pharmaceutiques (Pfizer, Novartis, Roche, Merck, Sanofi, etc.) tendent à se concentrer sur des secteurs précis, essentiellement les cancers et les maladies dites orphelines (celles qui n'ont pas de traitement efficace). Le reste devient plutôt l'apanage des petites ou moyennes entreprises.

Par ailleurs, l'accent est mis sur ce qu'on nomme la biopharmaceutique (anticorps monoclonaux, thérapie cellulaire, thérapie génique, etc.). Du coup, les grands groupes laissent moins de place à la recherche et au développement sur les « petites molécules », c'est-à-dire des molécules constituées de quelques dizaines ou

centaines d'atomes fabriquées chimiquement et non produites par des entités biologiques.

PLS

Cela signifie-t-il que le domaine des « petites molécules » est moins prometteur ?

B. M. : Non, au contraire. Plus de 80 % des nouvelles molécules thérapeutiques approuvées au cours des 20 dernières années sont des petites molécules. Et il reste énormément à faire : on n'a exploré qu'une minuscule partie de l'ensemble des molécules possibles. Par exemple, en 2007, des chercheurs ont fait remarquer qu'avec 11 atomes de carbone, d'azote, d'oxygène ou de fluor, il y a environ 26 millions de molécules possibles, alors que seulement 63 850 molécules avaient été préparées. Autrement dit, on n'a exploré qu'environ 0,3 % des possibilités !

De plus, le développement de petites molécules thérapeutiques est plus facile et moins coûteux, car les outils de la physico-chimie et de la biologie structurale permettent aujourd'hui d'analyser ces molécules et leurs cibles beaucoup plus vite que par le passé.

PLS

Et pourtant, l'innovation thérapeutique ne vous paraît pas à la hauteur des espoirs

suscités par les progrès de la biologie au cours des 20 dernières années. Qu'est-ce qui vous fait penser cela ?

B. M. : L'innovation thérapeutique est en panne, et de nombreux exemples en témoignent. Nous n'avons aucun traitement efficace contre la maladie d'Alzheimer, alors qu'elle pèse de plus en plus sur les pays développés. Nous n'avons pas de bons médicaments antiviraux, comme l'ont montré la récente épidémie de fièvre Ebola et d'autres maladies infectieuses émergentes ; nous n'en avons même pas contre une banale grippe. Trente ans après l'identification du virus du sida, il n'y a toujours pas de vaccin. Nous n'avons pas de médicaments efficaces contre les bactéries devenues multirésistantes aux antibiotiques. Nous sommes toujours assez démunis contre les maladies parasitaires, tels le paludisme ou la bilharziose.

PLS

Les obstacles sont-ils uniquement scientifiques ?

B. M. : Il existe bien sûr des obstacles de nature scientifique. Les pics les plus faciles ont été escaladés, ceux qui restent sont plus récalcitrants. Les maladies neurodégénératives, par exemple,