

Nager pour vivre

*L'auto-apprentissage
de la natation
par les tortues luth.*

Les tortues luth sont de remarquables nageuses. Leurs palettes natatoires antérieures leur permettent de se déplacer rapidement et de changer facilement de direction. La coordination des mouvements nécessaire à la nage n'est toutefois pas innée : les nouveau-nés apprennent à nager, par eux-mêmes et rapidement.

Les œufs des tortues luth éclosent sur la plage, à plusieurs dizaines de mètres de la mer. La première activité des nouveau-nés est donc de ramper dans le sable. Après cette phase de locomotion terrestre, ceux qui atteignent l'eau découvrent un nouvel environnement et ses contraintes : absence de support ferme sous le corps, densité, salinité, viscosité, pression et température de l'eau, courants et impacts déstabilisants des vagues. Ils découvrent aussi des limites de leurs capacités physiologiques, tel leur mode de respiration pulmonaire qui les oblige à expirer et à inspirer à la surface de l'eau.

Comment les tortues nouveau-nés se comportent-elles lors de ce premier contact aquatique ? Nous avons introduit des tortues luth, juste après leur sortie de l'œuf, dans un aquarium profond et nous les avons filmées jusqu'à leur première prise d'air. Après une chute vers le fond au cours de laquelle les membres ne jouent aucun rôle, les animaux essaient de remonter.

Les premières tentatives sont infructueuses : les mouvements des membres antérieurs et postérieurs ne sont pas synchronisés. Un ralentissement de ces mouvements se traduit par une trop grande durée des phases d'abaissement ou d'élévation. La trop faible amplitude de ces phases et un mauvais contrôle de l'inclinaison du corps entraînent les tortues vers le fond.

Après deux minutes en moyenne, la plupart des tortues réussissent toutefois à s'élever doucement vers la surface pour effectuer leur première respiration. La réussite de l'entreprise nécessite la maîtrise des mouvements des différentes parties du corps. La tortue crée des angles d'attaque efficaces des palettes natatoires en inclinant son corps et en ajustant la trajectoire de ces palettes, et déplace ses membres simultanément. L'abais-



Après des tentatives infructueuses (à gauche), une tortue luth nouveau-né plongeée dans un aquarium parvient à remonter en surface (à droite). Elle doit pour cela mouvoir ses membres antérieurs simultanément, ajuster leur trajectoire, synchroniser ses membres postérieurs et maîtriser l'inclinaison de son corps.

sement synchronisé des membres antérieurs produit une force de propulsion tandis que leur élévation crée une composante de freinage. Le battement synchronisé vers l'arrière des membres postérieurs est faiblement propulsif tandis que leur battement vers l'avant donne aussi une composante de freinage. L'association des phases opposées de chaque type de membres, abaissement des antérieurs et battement vers l'arrière des postérieurs par exemple, ajuste progressivement la force de propulsion.

Dès que les nouveau-nés ont respiré pour la première fois en surface, ils

savent définitivement nager. Leurs membres antérieurs interviennent simultanément et jouent le rôle majeur dans la propulsion aquatique. Les petites tortues contrôlent l'orientation de leurs membres et l'inclinaison de leur corps qui règlent les angles d'attaque : elles savent s'élever ou descendre dans l'eau. Elles maîtrisent enfin la complémentarité mécanique apportée par les mouvements synchrones des membres postérieurs, utilisés dans la nage lente horizontale.

S. RENOUS, URA 1137 CNRS, MNHN
et V. BELS, CARAH

Les haies et les bosquets

*On démontre leur intérêt
agricole et écologique.*

Les haies et les bosquets disparaissent : l'enquête qui recense, tous les 15 ans, l'utilisation du sol dans chaque département montre que plus de 60 pour cent d'entre eux ont été supprimés depuis les années 1960. Pourtant les haies protègent les cultures et les animaux d'élevage contre le vent ou contre l'érosion, elles épurent l'eau de ruissellement et elles abritent la faune sauvage.

Jadis, la haie était un moyen de clore une propriété, mais aussi d'obtenir du bois de chauffage, de protéger le bétail, de briser le vent ou d'éviter les regards indiscrets. Le souci d'exploitation maximale des terres conduisit à leur élimination, mais la nouvelle politique agricole des années 1990 renforce des actions incitatives que les conseils généraux avaient commencées dès les années 1980, pour préserver l'identité et l'attrait du paysage local, notamment aux bords des routes, dans les zones touristiques, ou à proximité des zones d'habitation ; enfin les agences de l'eau s'intéressent à leur effet sur la qualité des eaux.

Comment refaire les haies détruites ? Quelles essences planter ? Comment

les entretenir ? Et comment quantifier leur intérêt ? Depuis 1975, l'Institut pour le développement forestier analyse ces questions et détermine des pratiques rationnelles de la réimplantation des haies. Thomas Schmutz et ses collègues de huit instituts agricoles ont commencé par évaluer les coûts de création et d'entretien : les haies plantées, il faut se préoccuper des clôtures, talus ou fossés attenants, et récolter le bois, soit par émondage, soit par coupe rase. Le temps total d'entretien atteint quatre semaines par an (ce qui fait de l'entretien des haies un chantier important), mais le bois de chauffage produit rémunère une partie de ce travail.

Les avantages, maintenant. Tout d'abord, les bovins observés dans le Limousin recherchent l'ombre lorsque le temps est chaud, et ils se protègent du vent et de la pluie ; les haies atténuent les stress de la mise au champ des veaux. Les brebis craignent le rayonnement solaire ; en l'absence de haies, elles sont agitées, moins actives au lever du jour, et, par temps chaud, alternent des temps de repos allongés avec des temps de repas raccourcis, ce qui diminue l'efficacité de la rumination.

D'autre part, les haies protègent les cultures du vent : un brise-vent bien étudié réduit la vitesse du vent de 50 à 75 pour cent, dans une bande de 100 à 200 mètres derrière la haie : la hauteur du maïs ainsi protégé en plaine de Valence atteignait 40 à 50 centimètres de plus que le maïs exposé, et sa floraison était avancée, ce qui réduisait la nécessité des arrosages de fin de saison et augmentait le rendement de dix quintaux par hectare, en moyenne sur deux ans.

Enfin, dans le sol aussi, la haie exerce son influence bénéfique, en épurant l'eau sur une bande de cinq à dix mètres de large : les bandes non cultivées captent ou éliminent une grosse partie des nitrates, phosphates et pesticides. Les haies, et leur voisinage, contribueraient à l'épuration par trois mécanismes : leur enracinement aiderait à stocker une partie de ces composés dans le sol ; les végétaux eux-mêmes capteraient une partie des composés, stockant certains d'entre eux et émettant le reste dans l'atmosphère ; et, surtout, les observations réalisées en Bretagne laissent penser que les haies créent des conditions favorables pour que les micro-organismes du sol épurent l'azote, avant de le renvoyer dans l'atmosphère.

Les haies sont-elles une source d'insectes ravageurs des cultures ? L'abri que donnent les haies aux mammifères et aux oiseaux sauvages le faisait craindre, mais l'étude systématique et prolongée des insectes permet d'affirmer que la haie n'augmente pas les risques d'attaque par des insectes ravageurs inféodés aux haies. Par prudence, les entomologistes

DR



Haie brise-vent au milieu d'un champ de maïs, dans la plaine de Valence.

recommandent d'éviter certaines essences, par exemple le baguenaudier, dans une haie qui jouxte un verger de pommiers, parce que l'on favoriserait alors la prolifération des zeyzères, un gros ver qui détruit les rameaux. De même, on évitera le buis à côté des arbres à noyaux (pêchers, cerisiers, abricotiers), car il semble attirer les pince-oreilles (forficules). Inversement, de nombreuses essences apportent surtout des insectes utiles aux vergers : ce sont des arbustes tels que noisetiers, charmes, lauriers-tins, cornouillers, ou bien des arbres tels que micocouliers ou chênes pédonculés.

Un réseau quantique

Durant la guerre froide, le «téléphone rouge», qui reliait Moscou à Washington, était protégé par un système de chiffrement absolument sûr. Malheureusement, ce système nécessitait l'échange préalable, avant chaque communication, d'une clé de chiffrement à usage unique. Cet échange nécessite un courrier fiable. Au laboratoire de *British Telecom*, Paul Townsend a mis au point un système de communication chiffré multi-utilisateurs, fondé sur la mécanique quantique. Cette méthode permet à plusieurs utilisateurs d'échanger en toute sécurité des clés de chiffrement.

Aujourd'hui, les canaux de télécommunication reposent sur le déplacement d'ondes électromagnétiques. Un espion qui souhaite «écouter» une communication peut aisément le faire. Certes, il ne suffit pas d'écouter pour comprendre. Encore faut-il que l'espion déchiffre le message. Les méthodes classiques de chiffrement utilisent une clé publique (un grand nombre) que l'espion devra factoriser pour déchiffrer le message. S'il est vrai que les moyens de calculs actuels ne permettent pas cette factorisation en des temps raisonnables, on ne peut prédire ce que seront ces moyens dans dix ans, alors même que les données chiffrées aujourd'hui seront encore en circulation. Pour que la sécurité soit totale, une clé à usage unique, aussi longue que le message, doit être utilisée.

La cryptographie quantique fournit la solution rêvée : un moyen parfaitement sûr d'échanger des clés, sans possibilité d'écoute discrète. Cette méthode est fondée sur la mécanique quantique. Cette dernière stipule qu'il est impossible de mesurer parfaitement l'état d'une particule, telle la polarisation d'un photon. De plus, ces mesures perturbent l'état des particules. On transmet une information en la codant sur des photons individuellement polarisés au travers d'un canal quantique. L'espion ne peut écouter la transmission sans mesurer l'état des photons, ce qui introduit des erreurs dans la trans-

mission. Le récepteur légitime du message détecte alors qu'il y a eu écoute.

Malheureusement, le récepteur ne peut pas non plus mesurer l'état des photons de manière exacte, mais ces problèmes se résolvent par des techniques «classiques» mises au point par les fondateurs de la cryptographie quantique, Charles Bennett et Gilles Brassard. Un tel procédé permet ainsi à deux personnes de constituer à distance une clé secrète arbitrairement longue, et de manière sécurisée. Après cet échange, les interlocuteurs utilisent la clé pour échanger des messages de manière parfaitement sûre en utilisant un chiffrement classique.

Le procédé d'échange de clés par un canal quantique doit surmonter plusieurs obstacles technologiques, notamment l'élaboration du canal. Par

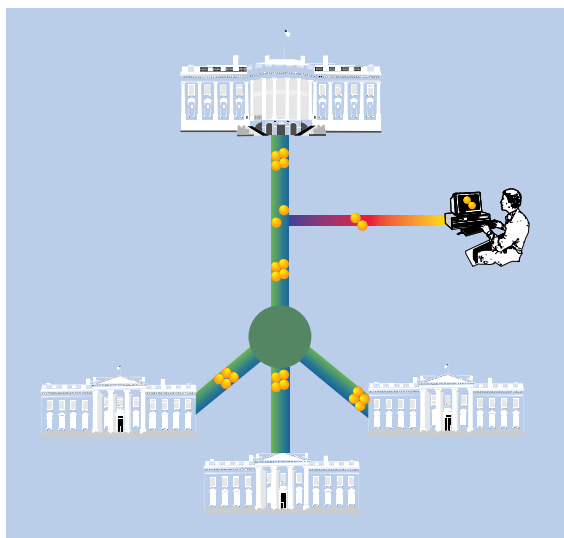
la nature même du procédé, il est en effet impossible d'amplifier le signal par un procédé actif, ce qui limite la portée de telles communications. La première expérimentation d'un canal quantique a été réalisée en 1989 sur une distance de 32 centimètres dans les laboratoires d'IBM. En 1995, au CERN, un canal quantique de 23 kilomètres, composé de fibres optiques, a été testé sous le lac de Genève.

Ces procédés ne permettaient que les communications entre deux personnes. Au laboratoire de recherche de *British Telecom*, Paul Townsend a mis au point un «réseau optique quantique» : un réseau qui permet à un émetteur d'échanger des clés secrètes avec trois récepteurs différents sur plus de cinq kilomètres. Un tel

réseau pourrait, par exemple, permettre à l'Élysée de communiquer de manière parfaitement sécurisée avec ses différents ministères.

D'autres expériences tentent d'utiliser la cryptographie quantique pour changer les clés de chiffrement de satellites de communication en orbite basse. Malheureusement, la portée de ces transmissions quantiques est trop faible...

Serge VAUDENAY, CNRS, ENS, Paris



La cryptographie quantique peut être utilisée pour échanger des clés de chiffrement confidentielles entre l'Élysée et des ministères reliés par fibre optique. Un espion qui écouterait cet échange altérerait le signal et serait aussitôt repéré.