

Un an après... tempête d'insectes ravageurs

Après la tempête qui a ravagé la France en décembre 1999, une nouvelle menace plane sur les forêts : les insectes.

Aujourd'hui, les insectes dévoreurs de bois, les xylophages règnent en maîtres dans les forêts françaises depuis les tempêtes de décembre 1999 ; ils ne cessent d'accroître leur territoire et leur appétit : après avoir pullulé dans les arbres morts et couchés, certains de ces insectes vont attaquer les arbres vivants. Après les catastrophes forestières, dont on observe directement les conséquences, un deuxième danger, invisible celui-là, menace : la pullulation de ces insectes ravageurs.

Selon Jean-François Abgrall, ingénieur de recherche au Cemagref, à Grenoble, l'importance des dernières tempêtes, avec 140 millions de mètres cubes de bois abattus, laisse présager un risque phytosanitaire, une catastrophe aussi étendue et dommageable que la tempête elle-même. La pullulation des xylophages augmenterait de 30 à 50 pour cent, le volume de résineux détruits par la tempête. D'après de précédentes études réalisées lors de tempêtes dans d'autres régions, aussi bien en France qu'en Europe, la pullulation culmine entre deux et quatre ans après la tempête ; il faut près de dix ans, lorsque les conditions climatiques sont favorables au développement des insectes, pour que la situation se normalise.

Les données collectées sont d'excellents outils pour l'estimation des risques et l'établissement des stratégies de gestion à mettre en œuvre. Après la tempête de 1982, qui avait mis au sol plus de 10 millions de mètres cubes de bois (principalement des épicéas), dans le Massif Central et dans les Alpes du Nord, 200 millions de typographes, les insectes ravageurs les plus dangereux, ont été éliminés dans les pessières (les forêts d'épicéas) des Alpes du Nord. Pour ce faire, on a utilisé des pièges contenant des phéromones, des substances volatiles qui attirent les partenaires sexuels. Néanmoins, c'est plus de 260 000 mètres cubes d'épicéas dans cette région qui ont été détruits par ces insectes durant les six années qui suivirent la tempête de 1982.

La tempête de décembre 1999 a mis à terre 14 fois plus d'arbres que celle de 1982, détruisant une plus grande diversité d'espèces sur des régions plus

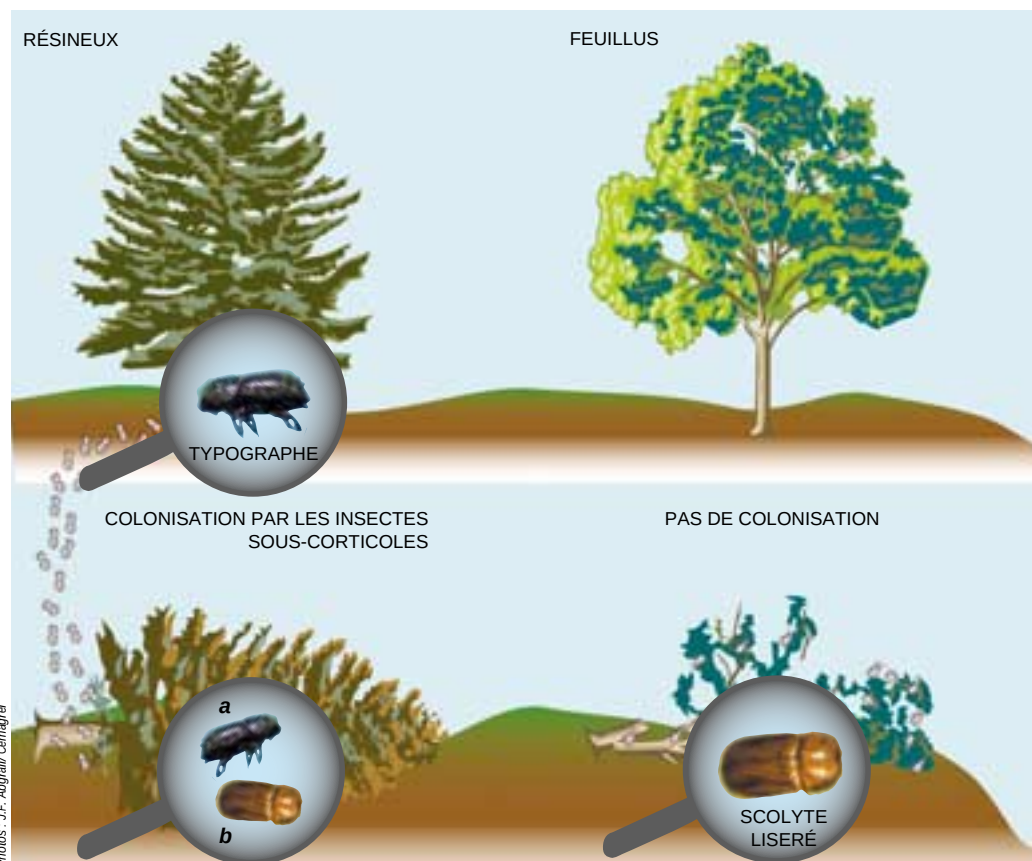
variées. Indépendamment des conditions climatiques qui jouent un rôle important dans la prolifération, on imagine les dégâts qu'ils pourraient commettre au cours des dix prochaines années. Les participants à ce «festin» sont, d'une part, les insectes ravageurs de bois de cœur qui creusent de profondes galeries dans les feuillus et dans les résineux allant jusqu'au cœur de l'arbre, et, d'autre part, les sous-corticoles qui pullulent dans les résineux et qui creusent des galeries de ponte entre l'écorce et le bois ; ils provoquent ainsi la mort par destruction des tissus conducteurs de sève.

Les arbres eux-mêmes luttent contre ces prédateurs : ils produisent une résine qui imprègne leurs tissus et ils créent des zones de tissus nécrosés autour des galeries de ponte des insectes. Malheureusement, ces mécanismes consomment beaucoup d'énergie et contribuent à l'affaiblissement de l'arbre, conduisant à sa mort lorsque les mécanismes de défense sont débordés par l'afflux d'insectes. Les sous-corticoles colonisent les arbres restés sur pied de façon massive : ils émettent des phéromones spécifiques qui attirent les renforts. Au cours de l'année 2000, deux vagues d'attaque sur

les arbres gisants ont été observées, l'une fin mars par les agents de piqûre, l'autre en avril par les sous-corticoles. Ces attaques ont rendu les arbres gisants inutilisables en menuiserie.

Depuis le début de l'année, les sous-corticoles se sont multipliés dans les troncs gisants, constituant ainsi un «stock» d'adultes hivernants. Le risque de pullulation vient des insectes sous-corticoles qui essaieront au cours du printemps prochain : quittant le bois mort, ils se déplaceront en masse pour attaquer les arbres restés sur pied. Les premiers problèmes phytosanitaires apparaîtront au printemps 2001.

L'extraction des arbres gisants hors de la forêt est le moyen de lutte le plus efficace contre la propagation des insectes. Cependant, deux générations de typographes se sont déjà développées dans les bois gisants. Comment gagnera-t-on cette course de vitesse sur les xylophages ? En organisant dès le printemps 2001 un abattage rapide, coordonné et efficace des bois sur pied «contaminés» ? En utilisant des phéromones qui attirent les insectes pour les piéger ? La solution se fait attendre, et pourtant la survie de la forêt épargnée par la tempête en dépend.



Les insectes sous-corticoles (a, le typographe) qui se sont développés tout au long de l'année sur les résineux gisants attaquent les résineux sur pied. Les ravageurs de bois de cœur (b, le scolyte liséré) ne colonisent pas les feuillus restés sur pied, ils creusent des galeries dans les feuillus et dans les résineux gisants, entraînant ainsi une grande dévalorisation de leur valeur marchande.

Paysages perceptifs

Des observations tomographiques du cerveau révèlent que les aires cérébrales stimulées changent selon l'émotion ressentie. On a demandé à des personnes dont on enregistrait une image cérébrale par tomographie par émission de positons de se remémorer des épisodes tristes, heureux ou angoissants qu'ils avaient vécus. Chaque émotion aurait son propre «paysage perceptif», ce qui expliquerait la multitude des émotions ressenties. Simultanément, on enregistrerait aussi le rythme cardiaque des personnes qui subissaient la tomographie. On a constaté que la modification du rythme cardiaque précède l'activation de l'aire cérébrale concernée par l'émotion : la manifestation biologique de l'émotion précède sa manifestation affective.

Balles neuves!

Les joueurs de tennis servent leur première balle avec une telle puissance que les services gagnants sont de plus en plus nombreux et nuisent au suspense de certains matchs. Afin d'y remédier, la Fédération internationale de tennis propose l'utilisation de balles... plus grosses. D'après les différents tests et simulations, de telles balles de même masse que les balles classiques, mais dont le volume est augmenté de six pour cent, laissent 16 millisecondes de plus au joueur pour se préparer à recevoir la balle! Les scores sont les mêmes, mais les échanges sont un peu plus longs.

La douleur du nouveau-né

Contrairement à une croyance populaire, les nouveau-nés ressentent la douleur. Qui plus est, des sensations douloureuses qui résultent, par exemple, de soins intensifs ou d'explorations fonctionnelles diverses après un accouchement prématuré influent sur le comportement face à la douleur, plusieurs années après la

naissance. Des études sur l'animal ont montré que les réactions physiologiques et comportementales sont perturbées par une exposition à une douleur répétée ou pro-

longée. Des enfants de 18 mois, nés avant terme, semblent moins sensibles à la douleur que des enfants du même âge nés à terme. Plus ces enfants ont subi de gestes traumatiques, moins ils semblent sensibles à la douleur. Des douleurs répétées influeraient sur le comportement de l'enfant, voire même de l'adulte.

Un macaque géomètre

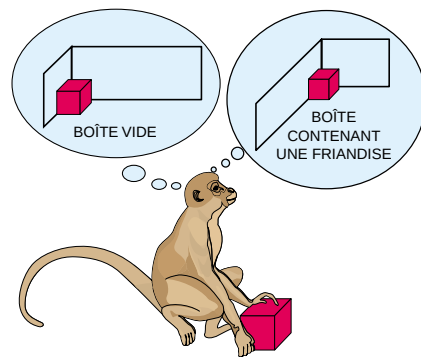
Les singes recourent à un codage de la géométrie de leur environnement pour s'orienter.

Beaucoup de nos actions quotidiennes, banales, requièrent des représentations mentales de l'environnement proche ou lointain, grâce auxquelles nous localisons précisément un objet ou un lieu à atteindre, même dissimulés à la vue, ou trop éloignés. La première étape de la construction d'une représentation spatiale, lorsque nous sommes confrontés à un environnement nouveau, consiste à sélectionner des informations, puis à les organiser. Des études récentes ont mis en évidence que l'un des modes d'organisation de l'espace repose sur le codage de la géométrie de certains de ses éléments. Intuitivement, la géométrie évoque un univers de formes, les mathématiques, et un ensemble de notions abstraites dont on peut penser qu'elles ne sont accessibles qu'aux êtres humains, et en particulier à ceux qui les ont acquises à l'école.

Toutefois, dans notre laboratoire du Centre de recherche en neurosciences cognitives du CNRS, à Marseille, nous avons montré que les singes codent également la géométrie de l'espace, et, de plus, qu'ils sont meilleurs que des enfants âgés de six ans, car ils déjouent les pièges de ce type de codage! Dans notre expérience, un singe macaque est enfermé dans une cage transparente en plexiglas, placée dans une pièce rectangulaire, totalement vide à l'exception de quatre boîtes identiques posées aux quatre coins.

Dans sa cage, au milieu de la pièce, le singe observe un expérimentateur qui dissimule une friandise dans l'une de ces boîtes. Puis on recouvre la cage d'un tissu noir et on la tourne plusieurs fois sur elle-même afin de désorienter le macaque par rapport à l'emplacement de la cible. Le tissu est ensuite retiré à distance, puis la cage est ouverte également à distance, et l'animal cherche alors la friandise. Les seules informations dont il dispose sont celles fournies par la géométrie de la pièce.

Le coin où est cachée la récompense a le grand côté du rectangle à gauche et le petit à droite. Cependant, dans un rectangle, deux angles sont de ce type, géométriquement équivalents. Avec ces seules informations, le singe



Un macaque se repère dans l'espace : il sait retrouver la boîte, placée au coin d'une pièce rectangulaire où l'on a caché une friandise.

recherche la friandise dans l'une ou l'autre des deux boîtes placées dans ces deux coins, et néglige les deux autres. Il utilise la géométrie, mais n'a aucun moyen de différencier le coin où se trouve la récompense. Ainsi le singe, à l'instar du rat ou des êtres humains, utilise la forme de l'environnement pour s'orienter.

Dans une seconde expérience, nous avons ajouté sur l'une des largeurs de la pièce un grand panneau de couleur. Après avoir à nouveau repéré la boîte qui contient la friandise, puis avoir été désorienté, le macaque se dirige sans hésitation vers la friandise cachée. Banal, direz-vous... Oui! Toutefois, selon les travaux de Linda Hermer et Elisabeth Spelke, de l'Institut de technologie du Massachusetts, l'enfant jusqu'à six ans, lui, ignore totalement cette précieuse indication : de même que le rat, il continue à rechercher la récompense dans les deux angles géométriquement équivalents. L'adulte utilise facilement les deux types d'informations, géométriques et locales (le panneau coloré).

Ainsi l'adulte et le macaque codent simultanément et sans ambiguïté la géométrie de l'environnement et les informations locales. Les psychologues américaines avaient avancé que le langage joue un rôle fondamental dans le codage des informations locales, mais nos travaux sur le singe montrent que leur théorie n'est pas la seule hypothèse possible, puisque les singes ne disposent pas du langage. Ils ont peut-être développé une autre façon de prendre en compte les caractéristiques locales de leur environnement en raison de nécessités vitales. Par exemple, il est important pour eux de reconnaître, par sa couleur, un fruit qui est mûr. Pour autant, les macaques connaissent-ils le théorème de Pythagore?

Catherine THINUS-BLANC et Stéphane GOUTEUX, Centre de recherche en neurosciences cognitives, Marseille

La sélection robotique

Par un procédé analogue à la sélection naturelle, des robots marcheurs sont créés ex-nihilo.

A Prague, une légende veut qu'un vieux rabbin ait fabriqué un être artificiel en argile, le Golem, afin de soulager les habitants de la ville de leurs corvées quotidiennes. Les roboticiens ne font pas autre chose, sauf qu'ils remplacent l'argile par du métal ou du plastique, et comptent plus sur des moteurs électriques pour mouvoir leurs créations que sur des extraits de la Cabbale. Toutefois, les roboticiens ajoutent aujourd'hui un ingrédient jusque-là réservé à Dame nature : la sélection naturelle.

Hod Lipson et Jordan Pollack, de l'Université Brandeis, ont «construit» sur ordinateur des robots constitués d'éléments passifs (des barres rigides et des articulations) et d'éléments actifs (des barres rétractables). Ces robots, commandés par un réseau de neurones, ont pour tâche de se déplacer en ligne droite. Ces robots assemblés (au cours d'une simulation), ont été soumis à des contraintes «évolutives» artificielles, par un procédé qui s'apparente à la sélection naturelle. À partir d'une population de robots virtuels, le

processus de sélection choisit les plus performants, c'est-à-dire ceux qui parcourent la plus grande distance en un temps donné.

Puis, au hasard, le «programme de sélection» ajoute, retire ou modifie une structure passive de l'architecture, ou des neurones du système de commande des «individus» sélectionnés. Lorsqu'apparaît un neurone qui relie le système de commande à une barre rigide, celle-ci devient alors automatiquement une barre rétractable active. Aucun mouvement n'est possible tant qu'un neurone n'est pas relié à une barre rétractable, et plusieurs générations sont requises avant d'observer le moindre mouvement. On passe d'une «génération» de robots à la suivante lorsque le programme informatique a, premièrement, modifié au hasard les robots virtuels, puis, deuxièmement, éliminé les moins performants.

D'abord modélisée sur un ordinateur, une population initiale de 200 machines a peu à peu évolué et fait apparaître des robots capables de se déplacer. Les simulations achevées, les modèles retenus après 300 à 600 générations ont été fabriqués, grâce à une «imprimante en trois dimensions» qui a façonné les éléments des différents robots en plastique. L'intervention humaine est réduite à son minimum : elle consistait à monter les éléments fabriqués et à installer des moteurs électriques au niveau des barres rétractables.

Chacune des machines finales était composée en moyenne d'une vingtaine de barres. Parmi elles, les roboticiens ont eu la surprise d'obtenir des spécimens symétriques alors qu'aucune instruction n'avait imposé, ni proposé cette solution : ils concluent que la marche en ligne droite symétrique est naturellement «sélectionnée». De plus, les «vainqueurs» de cette compétition étaient robustes, c'est-à-dire que de petites modifications, telle la longueur des barres, n'influent pas sur leur capacité à marcher.

Au palmarès, une structure en forme de tétraèdre avec une barre centrale parcourt plus de trois centimètres par cycle de mouvements. Par ailleurs, une structure en forme de flèche dotée de trois «bras» rétractables a fait preuve d'inventivité en utilisant un déphasage synchronisé des mouvements : tandis que la barre centrale se rétracte, les deux extérieures s'allongent et font glisser l'ensemble.

Des robots autonomes qui se construisent eux-mêmes et évoluent font rêver les ingénieurs des agences spatiales qui y voient des engins d'exploration idéaux. Devant de telles applications, oublions la fin de la légende du Golem, selon laquelle la créature s'est rebellée contre les êtres humains qui l'avaient créée.

Déformation professionnelle

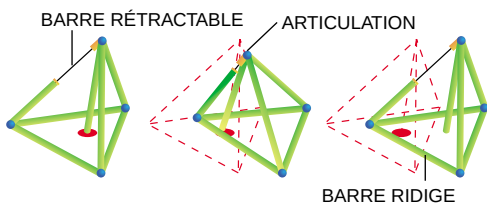
Les chanteurs d'opéra présentent des déformations de la colonne vertébrale qui résultent de la pratique intensive du chant.

Des anomalies de la forme et de la courbure du rachis cervical des chanteurs d'opéra avaient été constatées, il y a une quinzaine d'années, par Nicole Scotto di Carlo, de l'unité CNRS-ESA 6057, à l'Université de Provence. Toutefois, les données n'étaient pas suffisantes pour que l'on réponde à la question : ces anomalies sont-elles d'origine pathologique ou résultent-elles d'une déformation inhérente à la pratique du chant ? Afin de déterminer la cause de ces anomalies, N. Scotto di Carlo a entrepris une étude radiologique systématique du rachis cervical de plusieurs chanteurs professionnels : les déformations du rachis cervical observées résultent bien de la pratique intensive du chant.

Pour cette étude, 12 chanteurs professionnels (qui avaient entre 15 et 25 ans de pratique vocale), 12 chanteurs débutants (5 ans de pratique vocale) et 12 personnes qui ne chantent pas et constituent le groupe témoin ont été sélectionnés. Aucun ne présentait de pathologie rachidienne ni de trouble de la statique, aucun ne pratiquait d'activité sportive mettant le cou à l'épreuve. Des radiographies de la tête et du cou ont été réalisées sur des chanteurs au repos et pendant qu'ils émettaient des voyelles en voix parlée et en voix chantée dans les registres grave, médium et aigu. Les sujets témoins ont été radiographiés au repos et en cours de bâillement, quand l'ouverture de leur bouche est proche de celle des chanteurs pendant l'émission de l'aigu.

L'analyse des radiographies a révélé des anomalies dans la forme du rachis cervical pour tous les chanteurs professionnels : plus de la moitié présente une rectitude cervicale, c'est-à-dire un rachis cervical rectiligne (voir la figure 1c), et 42 pour cent ont une hypocyphose, c'est-à-dire une légère courbure à concavité antérieure (voir la figure 1d). Seulement 16 pour cent des chanteurs débutants ont une rectitude cervicale.

De surcroît, cette étude a révélé l'existence de postures spécifiques en fonction des registres. Chez les chanteurs professionnels, lors du passage du grave à l'aigu, l'ouverture buccale augmente, la tête se relève, le rachis cervical recule et la courbure cervicale s'inverse (voir la



L'évolution et la pression d'une sélection «artificielle» appliquée à des robots dont la tâche est de marcher en ligne droite aboutit, après 300 à 600 générations, à des «spécimens» qu'une «imprimante en trois dimensions» a fabriqués. Certains ont la forme d'un tétraèdre (au milieu) muni d'une tige centrale qui sert d'appui lorsqu'une barre se rétracte (le principe de la «marche du robot» a été schématisé en bas). Ce robot avance de deux à trois centimètres par cycle de mouvements et chaque cycle dure quelques secondes.