

Une mite exceptionnelle

La sexualité d'une mite fait tomber un mythe

Au royaume des métazoaires, la diploïdie est reine ! Expliquons-nous : la quasi-totalité des cellules d'animaux pluricellulaires disposent de deux exemplaires de chaque chromosome. Une cellule est haploïde quand elle n'a qu'un chromosome de chaque type. Ainsi, les êtres humains sont diploïdes : nos cellules ont 23 paires de chromosomes et ont chaque gène (à l'exception de certains portés par les chromosomes sexuels) en double.

Cependant, toute règle souffre des exceptions (sauf cette règle !) et les zoologistes connaissent des animaux haplo-diploïdes : les mâles sont haploïdes et les femelles diploïdes. C'est, par exemple, le cas de certains vers. Toutefois, on ne connaissait pas d'organismes pluricellulaires complètement haploïdes. Plus encore, on pensait que la diploïdie avait été très tôt sélectionnée dans le règne animal au profit de l'haploïdie. Celle-ci était condamnée à disparaître devant les atouts majeurs de la diploïdie : le brassage des gènes est favorable à l'évolution, et les «gènes de secours» remplacent parfois les gènes défaillants.

La mite *Brevipalpus phoenicis* étudiée par Andrew Weeks et ses collègues de l'Université d'Amsterdam fait exception. Les mâles, mais aussi les femelles de cette espèce, sont haploïdes : un dogme est tombé. *Brevipalpus phoenicis* est une mite, de la famille des acarins, phytophage qui vit dans les régions tropicales et subtropicales. Par sa voracité ou les virus qu'elle transporte, elle cause d'importants dégâts dans les plantations de citrons, de café, de thé... Parmi les populations étudiées, au Brésil, les mâles sont très rares. Ces mites se reproduisent par parthénogenèse, c'est-à-dire qu'un ovule non fécondé se développe en un organisme adulte femelle. Les cellules de ces animaux ont deux chromosomes. Sont-ils différents (haploïdie) ou homologues (diploïdie) ? Pour trancher, les biologistes ont identifié la structure de ces chromosomes. Ainsi, ils ont détecté qu'une zone, nommée région de l'organisation nucléaire, n'est présente que sur un seul des deux chromosomes. Par ailleurs, une région d'ADN qui code une partie des ribosomes n'existe aussi que sur un seul des deux chromosomes. Enfin, l'étude de microsatellites (des séquences d'ADN répétées) a montré qu'aucun acarien ne porte plus d'un exemplaire d'un gène donné. Les mites *Brevipalpus phoenicis* sont bien haploïdes.

Un examen attentif des œufs a révélé qu'ils renfermaient des bactéries, dites endosymbiotiques, de la famille *Bacteroides*. Afin d'identifier leur rôle, les biologistes les ont éliminées de certains œufs à l'aide d'un antibiotique : les mites qui se sont développées étaient en majorité des mâles ! Une température d'incubation élevée est aussi une cause de formation de mâles. Ainsi, une bactérie féminise les mites de cette espèce, mais on ignore encore par quels mécanismes. L'infection d'un ancêtre haplo-diploïde de *Brevipalpus phoenicis* par des bactéries féminisantes a sans doute entraîné l'apparition d'œufs complètement haploïdes qui se développent uniquement en adultes femelles. Grâce à cette nouvelle espèce, on pourra comparer *in situ* les avantages et les inconvénients de l'haploïdie et de la diploïdie.

Les mites *Brevipalpus phoenicis* des zones tropicales sont des organismes haploïdes : leurs deux chromosomes n'existent qu'en un seul exemplaire tant chez le mâle (en haut) que chez la femelle (en bas).



Andrew Weeks

La biodiversité

Elle est indispensable au bon fonctionnement des écosystèmes.



Andy Hector

La parcelle de Silwood, en Angleterre.

Sauvegarder la biodiversité ! Tel est le mot d'ordre maintes fois entendu dans divers discours écologistes. Pourquoi cette biodiversité est-elle si importante ? Pour des raisons éthiques ? Esthétiques ? Pas seulement. Michel Loreau, de l'École normale supérieure, et Andy Hector, du Collège impérial d'Ascot, ont montré que le nombre d'espèces végétales influe sur le bon fonctionnement des écosystèmes.

En 1996, dans le cadre de l'étude BIODDEPTH menée dans huit pays européens (l'Allemagne, la France, l'Irlande, le Royaume-Uni, la Suisse, le Portugal, la Grèce et la Suède), des écologistes ont isolé plusieurs parcelles, où ils ont éradiqué progressivement les plantes existantes, afin d'y planter des plantes à fleurs et des herbes à raison de 2 000 plants par mètre carré. Ils ont établi cinq degrés de diversité, de la monoculture à la richesse initiale du site en espèces végétales.

Malgré les différences climatiques de chaque pays, les plantes poussent d'autant mieux qu'elles sont en présence d'espèces multiples. Plusieurs caractéristiques de l'écosystème augmentent avec le nombre d'espèces : la productivité des plantes (la masse végétale à l'air libre et celle enterrée), la rétention d'éléments, tel l'azote, le recyclage de ces éléments, la résistance aux maladies et la composition du sol en invertébrés.

Toutefois, l'interprétation de ces résultats a longtemps été controversée. Certains y voyaient un effet de sélection, c'est-à-dire que plus les espèces sont nombreuses, plus la probabilité d'en avoir une dotée d'une forte productivité est grande. Selon d'autres, les espèces améliorent leur exploitation des ressources par un effet de complémentarité : par exemple, les légumineuses fixent l'azote atmosphérique qui fertilise le sol et profite ainsi à d'autres espèces.

M. Loreau et A. Hector ont repris les résultats de l'étude BIODDEPTH et les ont analysés à l'aune de méthodes originales inspirées des techniques statistiques utilisées en génétique, afin de distinguer l'influence de chaque effet. Ils en concluent que la moyenne de l'effet de sélection sur les différents sites est nulle, et que la relation entre le nombre d'espèces et l'augmentation de productivité sur l'ensemble des parcelles ne dépend que de l'effet de complémentarité.

Les écologistes ont ainsi montré expérimentalement ce qui a longtemps été affirmé sans preuve, à savoir que le fonctionnement d'un écosystème dépend de la variété des espèces présentes dans cet écosystème. Toutefois, des questions demeurent. Par exemple, combien d'espèces participent à cet effet de complémentarité ? Suffit-il de quelques espèces seulement, ou un grand nombre doivent-elles interagir pour assurer le niveau de productivité observé dans les écosystèmes naturels ? Quoi qu'il en soit, les autorités compétentes dans la protection de l'environnement et la sauvegarde de la biodiversité disposent désormais d'un argument solide pour se faire entendre.

La panique modélisée

Un modèle reproduit l'écoulement des foules paniquées en assimilant les individus à des particules mues par des «forces sociales».

A Johannesburg, en avril 2001, plus de 120 000 billets ont été vendus pour le match opposant les *Kaizer Chiefs* aux *Orlando Pirates*. L'équipe locale de football américain devait affronter sa concurrente venue de Floride dans le stade, prévu pour 68 000 personnes. Lorsque des spectateurs munis de billets, mais bloqués dehors ont commencé à pousser pour rentrer, la panique s'est répandue dans le stade. Plus 120 personnes sont mortes piétinées, des centaines ont été blessées.

La question de l'écoulement des foules préoccupe tous les organisateurs de grands rassemblements, et les mathématiciens tentent de modéliser ces mouvements. Tous les modèles du passé sont fondés sur l'idée qu'une foule fuit la menace, comme une masse fluide et homogène s'écoule sous la pression. Toutefois, les molécules qui composent un fluide ignorent la peur et les comportements sociaux... Pour tenir compte de ces caractéristiques humaines, Dirk Helbing et ses collègues de l'Université de Dresde ont reformulé le modèle classique en représentant par des forces les principaux instincts humains en groupe. Il reproduit ainsi beaucoup mieux la fuite d'une foule paniquée.

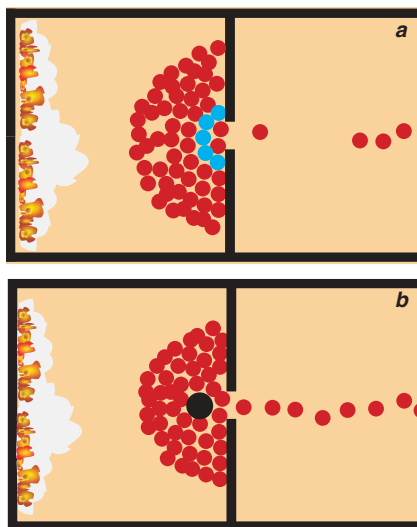
D. Helbing a mis au point une «mécanique pour particules bipèdes». Il suppose que l'accélération de chacun des piétons qui compose la foule est égale, à chaque instant, à la somme des forces qu'il subit. Elles sont de trois types : une «force motrice» qui traduit le fait que toute personne dirige sa vitesse en fonction d'objectifs propres ou d'instincts ; en cas de panique, cette force contient une composante grégaire dirigée vers ce que le groupe a reconnu comme le salut (par exemple, la sortie) ; une «force psycho-sociale» répulsive à courte distance qui

pousse chaque membre d'une foule à maintenir une distance minimale entre lui et ses voisins ; finalement deux «forces de contact», une force «corporelle», que chaque piéton exerce sur ses voisins pour contrecarrer la pression qu'il subit et l'autre de «friction» qu'il exerce lorsqu'il se faufile. À ces forces entre individus s'ajoutent les forces entre les piétons et les murs, traitées de façon similaire.

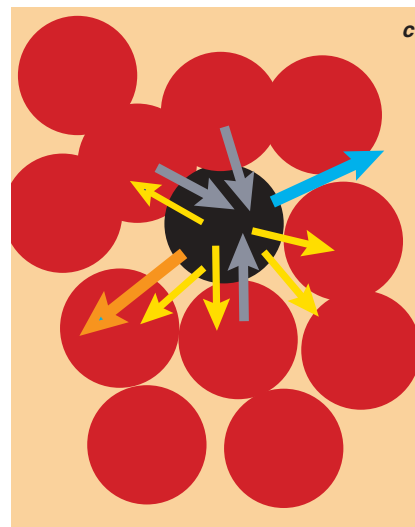
Dans une première simulation, D. Helbing a étudié comment une foule de 200 personnes évacue une pièce carrée de 15 mètres de côté par une ouverture de un mètre de largeur. Tant que tout est normal, seule une légère concentration de gens se forme en face de la porte. Chacun progresse vers la sortie de un mètre par seconde environ, vitesse qui augmente jusqu'à 1,5 mètre par seconde si une raison de se presser apparaît, et beaucoup plus encore si la panique se répand. En présence de danger, les personnes enfermées dans la pièce commencent à pousser et à s'entrechoquer. Ces contacts augmentent les «forces de contact», notamment celles de «friction», de sorte que le mouvement général se ralentit. Celui-ci devient encore plus lent, si la panique gagne

la foule. La «force grégaire» augmente alors, car chacun veut fuir vite, et la concentration d'individus en face de la porte provoque la formation d'«arcs-boutants», structures d'où les individus ne s'extraient qu'avec difficulté. Pour rechercher une solution, l'équipe de Dresde a montré, dans une deuxième simulation, que dans une telle situation, la vitesse de sortie augmente notablement quand une colonne, placée en face de la porte, empêche la formation des arcs-boutants.

Une troisième simulation met en évidence le rôle contrasté de la «force grégaire». Elle reproduit l'évacuation d'une pièce enfumée munie de deux sorties. Comme les individus enfermés ont des difficultés à localiser la sortie, ils commencent par la rechercher. Puis, dès qu'une première personne la trouve, ils s'engouffrent à sa suite. Seuls, quelques individus profitent de la découverte plus tardive d'une autre personne qui a trouvé la seconde sortie : leur fuite est plus rapide. Le modèle confirme que l'instinct grégaire est à double tranchant. S'il permet à une foule de profiter du salut découvert par un seul, il peut aussi la précipiter dans l'abîme.



Lorsque sous la pression d'une menace (le feu), une foule cherche à quitter une pièce, elle s'agglutine près de la sortie, et des «arcs-boutants» (a, en bleu) se forment entre les individus, ce qui ralentit l'évacuation. Une colonne (b, en noir) judicieusement placée en face de la porte empêcherait la formation des arcs-boutants qui obstruent la sortie. Dans un nouveau modèle, on représente les interactions entre individus par quatre forces : une force motrice (c, en bleu), une force psycho-sociale (en jaune), et deux forces de contact (une force corporelle (en gris) et une force de friction (en orange)).



Vous cherchez un article scientifique ou technique ?

//articlesciences.inist.fr

Le moteur de recherche et de commande d'articles scientifiques et techniques

Un service de l'Institut de l'Information Scientifique et Technique du CNRS

www.inist.fr