

Prévoir les feux de forêts

*La composition du feuillage,
indicateur d'inflammabilité.*

Depuis 1989 et 1990, où avaient brûlé des dizaines de milliers d'hectares de forêt méditerranéenne, le feu avait épargné le Midi de la France. Les moyens considérables qui avaient été réunis pour la prévention et la lutte contre les feux (information du public, vigies et patrouilles, nouvelle flotte de bombardiers d'eau) semblaient efficaces. Pourtant, la saison 1997 restera marquée par un spectaculaire incendie qui, en 15 jours, a entièrement brûlé 3 500 hectares autour de Marseille. Pourquoi des

trophes, les deux pour cent des feux non maîtrisés produisent 90 pour cent des surfaces brûlées. Dans le département du Var, la banque de données *Prométhée* enregistre chaque année 400 à 600 feux de forêts, mais les dégâts varient considérablement : 404 hectares brûlés en 1988, 12 973 hectares en 1989, et 26 000 hectares en 1990.

Dans le massif de l'Étoile, qui a brûlé du 25 au 27 juillet 1997, le risque n'était apparemment pas élevé : la végétation avait bénéficié des pluies des semaines précédentes. Deux jours avant l'incendie, le dernier prélèvement de chêne kermès et de pin d'Alep, représentatifs de la garrigue de cette zone, révélait une concentration en eau supérieure de dix pour cent au seuil de stress hydrique, indicateur d'un risque d'incendie. Ce résultat était corroboré par les relevés réalisés à Luminy.

posant des gaz inflammables. Leur combustion dégage en outre beaucoup de chaleur.

Les proportions relatives de ces deux constituants du bois dépendent des conditions environnementales et, notamment, des quantités de rayonnement ultraviolet reçues par les arbres. Nous avons mis au point des modèles qui, à partir de l'activité solaire et des conditions de la haute atmosphère, déterminent la quantité de rayonnement ultraviolet reçu par la végétation et expliquent pourquoi de grands feux se sont produits certaines années, dans le passé. Nous tentons, de la même façon, de prévoir les prochaines années à haut risque. Dès le début de l'année 1996, nous avons exprimé nos inquiétudes pour 1997, en alertant la Délégation à la protection de la forêt méditerranéenne, sans résultat apparent. Le risque sera aussi élevé en 1999 et en 2002.

Pour passer de l'évaluation globale du risque à sa quantification spatiale, nous mettons en place un réseau de collecte d'informations météorologiques et climatologiques, et de mesures de la composition des végétaux. Nous avons ainsi sollicité plusieurs communes touchées par de grands feux entre 1985 et 1991, ainsi que le Bataillon de marins pompiers de Marseille. Même si la question de la responsabilité des départs de feux doit être soulevée, ne devrait-on pas renforcer nos méthodes de prévision ? Il n'est pas non plus inutile d'améliorer les modèles de propa-

gation d'un feu, pour mieux prévoir l'évolution de son périmètre et les moyens de lutte à mettre en œuvre, mais il serait déraisonnable d'investir des millions d'écus sur ce thème en abandonnant des pans entiers de la science du feu : biologie végétale, climatologie... On ne commande à la Nature qu'en lui obéissant.

Michel BERNARD,
Université de Provence, Marseille



Le sommet de l'Étoile domine la scène de désolation où les branches d'arbres ont quelquefois été figées par le feu, dans la posture qu'ils avaient prises sous le Mistral.

années «catastrophes», telles 1986, 1989, 1990 et 1997, entrecoupent-elles les années calmes ?

Sans contester l'importance des moyens de prévention et de lutte mis en œuvre pour la protection des biens et des personnes, force est de constater que nous arrivons à la limite des possibilités : nous maîtrisons 98 pour cent des feux qui se produisent sur le territoire, mais, lors des années catas-

Cette seule mesure de l'humidité ne prend toutefois pas en compte un autre élément essentiel à la propagation et à l'entretien du feu : le combustible. L'inflammabilité du bois et des feuillages dépend de leur composition : la lignine, constituant principal du bois, ne brûle qu'à haute température et intervient très peu dans les premiers stades de la combustion ; en revanche, les sucres, telle la cellulose, produisent en se décom-

La fureur de vivre

La théorie des jeux appliquée au comportement des délinquants.

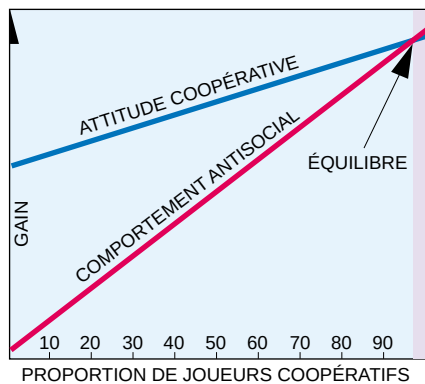
Pour diminuer la criminalité, doit-on tolérer la petite délinquance ? Andrew Colman et Clare Wilson, du département de psychologie de l'Université de Leicester, ont appliqué la théorie des jeux pour modéliser l'évolution d'une population qui comprend des individus asociaux. Ils montrent que l'on ne peut réduire le nombre d'individus asociaux en les enfermant : d'autres personnes occupent alors la « niche écologique » abandonnée. En revanche, on réduirait la criminalité en augmentant les peines.

Bien que la définition précise d'un comportement asocial varie selon les cultures, ses principales caractéristiques sont claires : rejet des normes sociales, agressivité, absence de remords, etc. Deux pour cent de la population des États-Unis, dont près de la moitié de la population incarcérée, présenterait ce comportement.

Pour modéliser le comportement des individus asociaux, A. Colman et C. Wilson utilisent un jeu analogue à celui auquel joue James Dean dans le film *La fureur de vivre* : deux voitures foncent vers un précipice et le dernier à sauter de la voiture l'emporte. De même, dans le modèle, chaque joueur peut choisir entre une attitude coopérative et prudente (attitude C), ou bien une attitude asociale et dangereuse (attitude D). Selon les attitudes relatives, les gains (avantages personnels, possibilité de se reproduire) varient (voir la figure 1). Le gain d'un joueur est maximal quand il choisit une attitude dangereuse et que son adversaire choisit de coopérer ; le gain est inférieur lorsque les deux joueurs coopèrent, et il est encore inférieur pour un joueur qui coopère tandis que son adversaire choisit l'attitude dangereuse ; enfin le gain est minimal

J1 \ J2		C	D
	C	3 3	2 4
	D	4 2	1 1

1. Gains dans un jeu à deux joueurs J1 et J2 qui peuvent choisir de coopérer (C) ou non (D). Par exemple, quand le joueur J1 coopère et que le joueur J2 ne coopère pas (en haut, à droite), J1 reçoit 2 tandis que J2 reçoit 4.



J1 \ J2		C	D
	C	99 99	50 100
	D	100 50	1 1

2. Gain moyen (en haut) d'un joueur face à une multitude d'autres joueurs en fonction de la proportion d'adversaires coopératifs (les gains des interactions pour chaque couple de joueurs sont indiqués dans le tableau). Les gains d'un joueur coopératif sont représentés par la droite bleue, et les gains d'un joueur asocial par la droite rouge.

lorsque les deux joueurs ne coopèrent pas. Ce jeu paraît adapté pour modéliser le comportement asocial, car, dans la vie quotidienne, les interactions avec prises de risques sont fréquentes. De surcroît, on est obligé de jouer, car le refus de confrontation revient à adopter une attitude prudente.

Pour modéliser correctement l'évolution d'une population comprenant une minorité d'individus antisociaux, on utilise une version de ce jeu à plusieurs joueurs. On suppose que les membres d'une communauté interagissent par paires, chaque personne interagissant soit avec tous les membres de la communauté, soit avec un échantillon choisi au hasard. En outre, on donne aux individus qui gagnent le plus la possibilité de se reproduire, c'est-à-dire d'augmenter la population avec des descendants ayant les mêmes comportements qu'eux.

Plaçons-nous du point de vue d'un joueur et considérons la proportion des autres joueurs qui choisissent l'attitude coopérative. On peut alors calculer, en fonction de cette proportion, le gain moyen d'un joueur, face à tous les autres joueurs. Selon que le joueur choisit plutôt une attitude coopérative ou plutôt une attitude dangereuse, on obtient deux droites.

Première constatation, ces deux droites sont sécantes : pour une certaine proportion de joueurs coopératifs, les gains de ceux qui sont en général coopé-

BRÈVES

Poignée de main fatale

Sur la scène d'un crime, les policiers n'auront plus besoin de rechercher de cheveux, ou de sang du criminel : Roland van Orschot et Maxwell Jones des laboratoires de la police de MacLeod, en Australie, ont montré que le simple fait de toucher un objet avec ses mains laissait des cellules dont on pouvait séquencer l'ADN. Des objets tenus par différents individus ont ainsi révélé les profils d'ADN de tous les porteurs de l'objet. De même, lors d'une poignée de mains, on échange de l'ADN. Attention à qui vous serrez la main !

La bicyclette de Léonard

Dans les années 1960, les restaurateurs du *Codex Atlanticus* de Léonard de Vinci ont découvert un croquis de bicyclette, resté caché :

au verso d'une feuille volante collée dans l'album, il montre deux roues de charrettes fixées à un châssis rudimentaire, avec des pédales trop longues reliées par une chaîne à une roue dentée.



Da. Leonardo, Mondadori, Milan, 1974

Est-ce un faux ? Il est peu probable que quelqu'un ait pu décoller certaines feuilles du *Codex Atlanticus* pour dessiner derrière. En outre, un faux reproduirait probablement une bicyclette en état de fonctionnement, et non un véhicule sans guidon et dont les pédales sont impossibles à actionner. En outre, la feuille 10 du *Codex Madrid I* contient un dessin de chaîne et de roue dentée, identique à celui qui figure sur le croquis de bicyclette.

Jeune disque

Pour comprendre la formation des systèmes planétaires, les astrophysiciens recherchent, autour d'étoiles jeunes, des disques de gaz et de poussières susceptibles de donner naissance à des planètes. À l'aide d'une étude à des longueurs d'onde de quelques millimètres, une équipe américaine vient de découvrir un disque de gaz autour de MWC480, une étoile âgée de moins de six millions d'années. La masse de ce disque serait supérieure au minimum requis pour donner naissance à un système planétaire analogue au nôtre.

Suite page 22

Nanoguitare

Curieux d'explorer les limites des nanotechnologies, Dustin Carr et Harlod Craighead, de l'Université Cornell, ont



D. Carr/H. Craighead

fabriqué une guitare dont la largeur est le vingtième de l'épaisseur d'un cheveu. Pour réaliser ce mini-instrument, les physiciens ont sculpté du silicium

crystallin sur un substrat à l'aide d'un canon à électrons. Puis, ils ont ôté chimiquement une partie du substrat, laissant six cordes de 100 atomes de large chacune. On joue de cette guitare avec la pointe d'un microscope à force atomique, mais l'oscillation des cordes est si faible et leur fréquence si élevée, que l'oreille n'entend rien.

Champs innocents

Les champs électromagnétiques créés par les équipements électriques ne sont pas à l'origine de leucémies infantiles. Une équipe américaine a, pour la première fois, mesuré les champs électromagnétiques auxquels avaient été exposés les enfants atteints. L'exposition dans les précédents domiciles et même celle de la mère pendant la grossesse ont été prises en compte, sans qu'aucune relation ne soit détectée.

Obésité et restauration rapide

Aux États-Unis, 33 pour cent des adultes et 20 pour cent des adolescents dépassent leur poids idéal de 120 pour cent. Le développement de la restauration rapide est souvent désigné comme coupable. C'est une erreur, selon J. Binkley, de l'Université Purdue : en comparant les données des 52 états des États-Unis, il n'a trouvé aucun lien entre le pourcentage d'obèses et la consommation moyenne de hamburgers, pizzas ou tacos.

Souvent vache varie...

Les qualités gustatives du Saint-Nectaire varient selon la race et l'alimentation des vaches. Au Laboratoire de recherches fromagères d'Aurillac, Isabelle Verdier et ses collègues ont montré que les fromages au lait de foin de seconde coupe se distinguaient de ceux réalisés avec du lait d'ensilage d'herbe ou de maïs, et un jury les a jugés meilleurs que les autres fromages. De même, les fromages réalisés à partir du lait de vaches Montbéliardes et Tarentaises ont été mieux notés que ceux produits par des vaches Holstein.

Suite page 24

ratifs et de ceux qui choisissent plutôt l'attitude dangereuse sont égaux. Ce point représente un équilibre stable : lorsque la proportion de personnes qui coopèrent est inférieure à celle du point d'équilibre, le gain moyen d'une attitude coopérative est supérieur au gain moyen d'une attitude dangereuse. La population de joueurs coopératifs se reproduit alors plus vite et, si l'on suppose que les caractères de ces personnes sont héréditaires ou imitables, leur proportion augmentera. En revanche, après ce point, le gain moyen de l'asocialité est supérieur, de sorte que la reproduction des asociaux réduit la proportion de coopératifs.

Le modèle décrit une particularité de l'asocialité qui était restée méconnue et qui résulte de la nécessaire relation entre le tableau des gains et la position d'équilibre : si la proportion

d'individus asociaux est faible, alors le gain d'une personne ayant un comportement asocial est en moyenne bien inférieur à la perte subie par ses victimes. Un voyou des rues, par exemple, gagne peu lorsqu'il agresse un passant au hasard, mais ce dernier perd beaucoup lors de cette agression (jusqu'à la vie).

De surcroît, dans l'hypothèse où ce modèle s'applique bien au monde réel, on n'éliminera pas les individus asociaux en retirant de la société un nombre croissant de délinquants, car la proportion d'individus asociaux correspond à un point d'équilibre fixé par la matrice des gains relatifs. En revanche, tout changement social ou législatif qui augmente les gains de l'attitude coopérative ou qui diminue les gains associés aux comportements asociaux réduira la proportion d'individus antisociaux à l'équilibre.

Cristal livresque

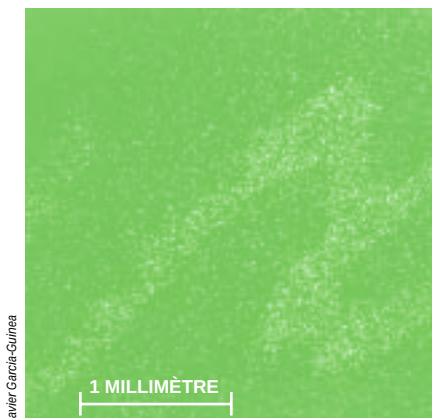
Des amas de pyrite retrouvés dans des livres anciens.

Les pyrites framboïdales sont de petits agrégats sphériques de microcristaux de sulfure de fer. Ces framboïdes sont abondants dans diverses formations géologiques, telles les veines hydrothermales ou les roches sédimentaires, mais on les trouve aussi... dans des livres. Lors d'un programme de restauration d'ouvrages du XVI^e et du XVII^e siècle, Javier García-Guinea et ses collègues du Muséum de sciences naturelles de Madrid ont découvert des framboïdes qui se sont formés à partir de l'encre ancienne.

On ignorait les conditions de formation des framboïdes. La détection du

mécanisme de minéralisation des pyrites, dans les livres restaurés, montre que des framboïdes de grande taille peuvent être formées à l'issue de siècles d'alternance entre des conditions riches en oxygène et pauvres en oxygène.

Les responsables du programme de restauration avaient remarqué la présence d'une poussière noire et brillante sur les coutures, entre les pages et le dos de certains livres. L'étude de cette poudre révéla qu'il s'agissait de restes d'encre solide, ce qui fut corroboré par la présence de cette même poussière sur les pages, aux endroits écrits (voir la figure 1). Cette poussière contient de nombreux cristaux, dont le quartz, l'hématite, le feldspath, le gypse, des additifs utilisés naguère pour améliorer l'aspect de l'encre. En plus de ces cristaux, les cristallographes ont découvert des pyrites framboïdales.



Javier García-Guinea

1. Analyse d'une page d'un livre ancien. Les poussières, visualisées à l'aide d'un microscope électronique, suivent le contour des lettres.



Javier García-Guinea

2. Framboïde de pyrite trouvée au cœur de livres anciens, dans des archives madrilènes.