

### Vieux crocs

Un crocodile de l'Éocène, ayant vécu il y a quelque 45 millions d'années, vient d'être découvert dans un ancien cratère volcanique du massif de l'Eifel, en Allemagne. D'une longueur de 1,4 mètre, le saurien semble être mort jeune. Le crocodile a été mis au jour dans un ancien cratère volcanique, où plus de 30 000 autres animaux, dans un excellent état de conservation, avaient déjà été retrouvés. Souvent dotés de restes de chairs, de poils ou d'un contenu stomacal, ces fossiles comprennent notamment cinq squelettes de l'ancêtre du cheval, deux ancêtres du singe et la plus ancienne abeille à miel du monde.

### Des diamants à pression ambiante

Le diamant est une forme cristalline particulière du carbone qui ne se forme habituellement qu'à des pressions de plusieurs milliers d'atmosphères et à des températures supérieures à 2 000 °C. Yuri Gogotsi, du Département des sciences de la matière, et ses collègues de l'Université de Philadelphie, ont mis en évidence la formation de microcristaux de diamant à pression ambiante et à des températures de l'ordre de 1 000 °C. Leur méthode consiste à faire passer un courant gazeux contenant du chlore, de l'hydrogène et de l'argon sur un substrat en carbure de silicium. Le chlorure de silicium étant plus stable que le chlorure de carbone, le mélange gazeux réagit sélectivement avec le silicium et laisse, après la réaction, un substrat de carbone dont certaines zones, mesurant jusqu'à 50 micromètres d'épaisseur, ont la structure du diamant. La méthode serait applicable à la fabrication de diamants industriels.

### Une fleur géante

Le 7 juin dernier, l'une des plus grandes fleurs du monde s'est épanouie. Poussant dans un jardin botanique aux États-Unis, l'aracée géante, après six semaines de pousse, a atteint 2,1 mètres,



puis a ouvert sa jupe mauve. Dans la nature, la plante vit à Sumatra, en Indonésie. L'ouverture de la jupe laisse s'échapper une forte odeur nauséabonde de caramel brûlé et de poisson destinée à attirer les animaux pollinifères. Quand la plante a été pollinisée, la jupe tombe au bout de quelques jours en offrant ses fruits mûrs aux oiseaux qui les mangent et dispersent les pépins dans la nature qui serviront de graines.

## L'obscurité clarté des comètes

*Bien qu'il soit obscur, le fond du ciel nocturne est une source d'informations pour les astronomes qui étudient les confins du Système solaire.*

**E**n 1610, Johannes Kepler s'interroge : dans un univers infini, peuplé uniformément d'étoiles, chaque ligne de visée issue de la Terre devrait intercepter une étoile, et le ciel nocturne nous apparaître aussi brillant que le Soleil. Dès lors, pourquoi la nuit est-elle noire ? La réponse à cette question fait appel aux concepts de la cosmologie moderne. D'abord, l'Univers n'existe pas de toute éternité ; ainsi, la lumière des étoiles très lointaines n'a pas eu le temps de nous parvenir. Ensuite, l'Univers est en expansion, ce qui signifie que l'énergie lumineuse émise par les étoiles et les galaxies de l'univers observable est sans cesse diluée dans les abîmes qui les séparent.

Aujourd'hui, l'obscurité du ciel est exploitée, non par les cosmologistes, mais par les astronomes qui étudient le Système solaire. Ainsi, Scott Kenyon et Rogier Windhorst, de l'Université de Harvard, ont montré que la faible luminosité du fond du ciel nous renseigne sur la taille des petits objets qui gravitent en périphérie du Système solaire. Par là même, c'est aussi le mécanisme de formation de ces petits objets, qui constituent la ceinture de Kuiper, c'est-à-dire le réservoir de noyaux cométaires situé au-delà de l'orbite de Neptune, qui se trouve précisé.

En 1951, l'astronome Gérard Kuiper propose l'existence d'un réservoir de comètes qui gravitent dans le plan de l'écliptique (le plan moyen des orbites des planètes du Système solaire) au-delà de l'orbite de Neptune. En 1992, Jane Luu et ses collègues de l'Université de Leiden découvrent le premier de ces objets trans-neptuniens. Aujourd'hui, on en connaît plus de 1 000, répartis entre 30 et 100 unités astronomiques (une unité astronomique représente 150 millions de kilomètres environ). Leur diamètre est compris entre 100 et 2 000 kilomètres, mais il existe de très nombreux objets plus petits, dont le diamètre est de l'ordre du kilomètre, et qui ne sont pas observables de la Terre. Pouvons-nous tout de même les étudier ? Comme ces objets diffusent la lumière, ils nous ren-



voient une faible lueur qui devrait être détectable de la Terre.

En règle générale, la lumière diffusée par un nuage de poussières nous renseigne sur la taille des grains diffusants (la diffusion est d'autant plus intense que le diamètre des grains est petit). D'après la luminosité du ciel dans les domaines visible et infrarouge, S. Kenyon et R. Windhorst ont estimé la répartition de la taille des objets de la ceinture de Kuiper. Le nombre des gros objets, ceux dont le diamètre est supérieur à un kilomètre, décroît comme la puissance quatrième de leur masse. Ce résultat est en accord avec les modèles de formation des objets de la ceinture de Kuiper : ils se sont formés, comme les planètes, par agglutination des poussières contenues dans le Système solaire primitif, selon un mécanisme dit d'accrétion. Toutefois, quand on extrapole cette loi de répartition aux petits objets (jusqu'à des diamètres inférieurs à quelques millimètres), le nombre de grains est tellement gigantesque que la lumière diffusée par la ceinture de Kuiper devrait être éblouissante.

Ce n'est manifestement pas le cas, et les deux astronomes ont établi que la loi de répartition ne s'applique pas à ces petits grains : ils sont, en fait, beaucoup plus rares. Puisque les grains de poussières actuels présentent une répartition différente de celle des corps plus gros, ils ne se sont pas formés par le mécanisme d'accrétion qui donna naissance aux corps trans-neptuniens. Ils auraient été produits, plus récemment, lors des innombrables collisions entre les noyaux cométaires. Ces poussières subissent l'influence du rayonnement et du vent de particules chargées émis par le Soleil et sont balayées vers l'extérieur du Système solaire, à mesure qu'elles se forment. De l'obscurité naît parfois la connaissance.

David WILGENBUS

## Les carences des feuilles de vigne

*On diagnostique le stress des plantes au moyen de faisceaux laser qui les rendent fluorescentes.*

**L**es plantes de votre bac à fleurs se meurent? Arrosage et engrais n'y font plus rien? Il est malheureusement trop tard pour intervenir. Jusqu'à présent, pour diagnostiquer les carences d'une plante, on attendait que les symptômes soient visibles à l'œil nu ou bien on réalisait de longues analyses chimiques. Aujourd'hui, la méthode mise au point par Bernard Cunin et Francine Heisel du Laboratoire de Physique et applications des semi-conducteurs du CNRS, à Strasbourg, permet de diagnostiquer une carence sur des végétaux sur pied en prenant l'image de leur fluorescence au moyen d'un laser. Cette méthode a d'ores et déjà été appliquée sur du maïs, du blé, et des feuilles de vigne.

Par cette méthode, on éclaire la plante analysée par un rayonnement ultraviolet proche. Ce rayonnement est absorbé par les molécules ou par les atomes constitutifs de la plante, les-

quels en réémettent une partie à des longueurs d'onde supérieures, dans le spectre visible. Le rayonnement rouge est dû à la fluorescence de la chlorophylle (elle transforme l'énergie lumineuse en énergie chimique), tandis que le bleu et le vert sont caractéristiques des pigments des cellules épidermiques et des nervures des feuilles. Pour déclencher la fluorescence, on utilise des rayonnements laser parce qu'ils sont assez monochromatiques pour être spécifiques de tel ou tel constituant de la plante.

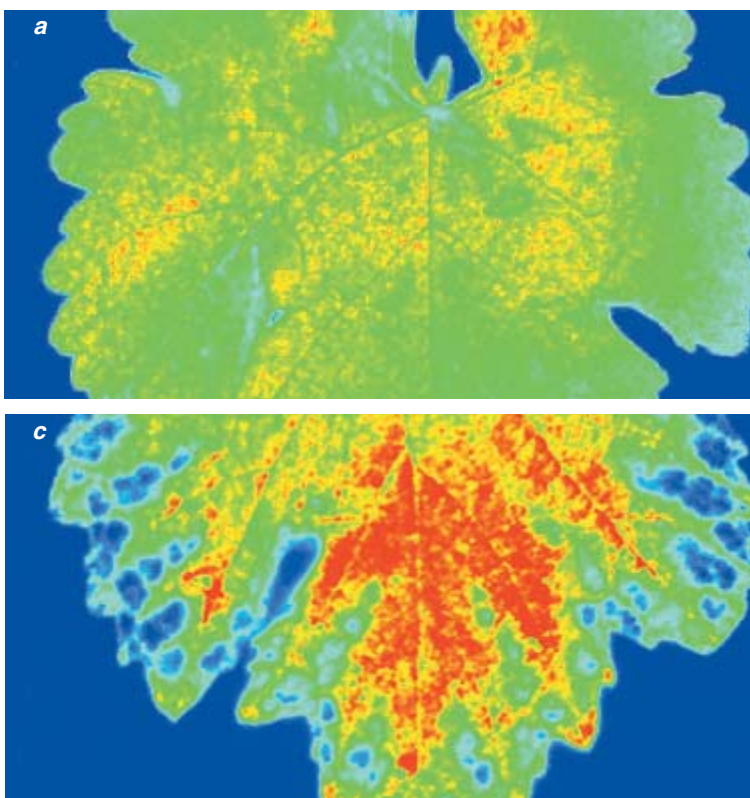
Or, des carences en eau et en sels minéraux modifient la concentration en pigments et en chlorophylle, ou perturbent l'efficacité de la photosynthèse, de sorte qu'elles influent sur le spectre de fluorescence de la plante analysée. En enregistrant et en analysant les images de la fluorescence d'une plante, on détecte si elle a subi un stress nutritionnel ou un déficit hydrique. Les différentes réactions chimiques où interviennent les sels minéraux et l'eau dans le développement de la plante sont connues des biochimistes, mais il leur restait à établir des relations entre les carences et le spectre de fluorescence.

B. Cunin et F. Heisel ont soumis des végétaux, tels du maïs, du blé ou des feuilles de vigne à des ultraviolets proches (UVA), et ont enregistré des

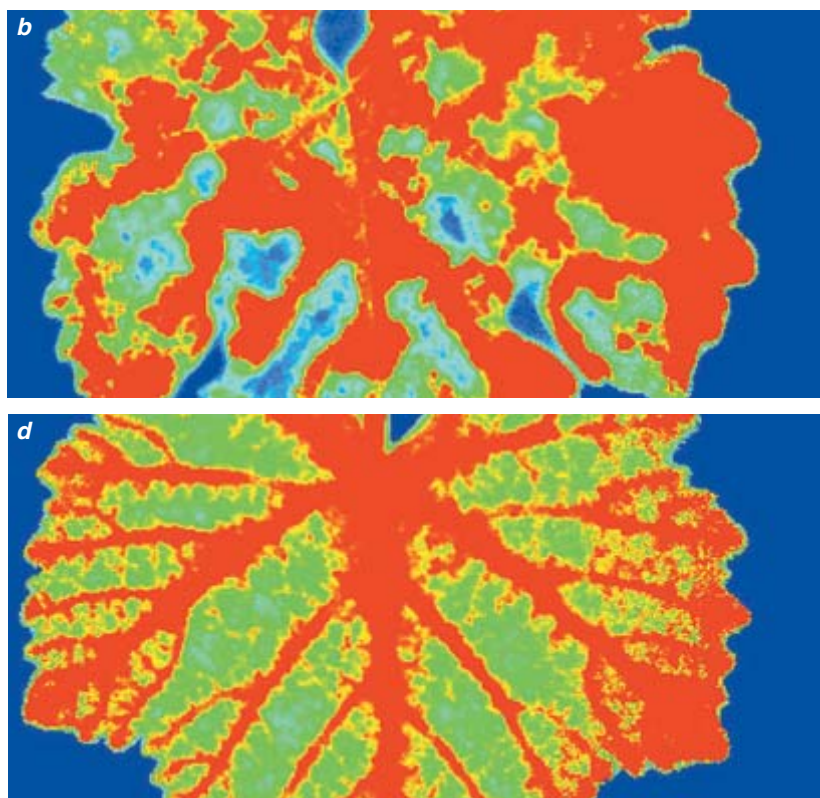
images de fluorescence aux quatre longueurs d'onde caractéristiques de la chlorophylle et des pigments.

Ils ont observé que le stress modifie le spectre et l'image de la fluorescence des feuilles bien avant l'apparition de symptômes visuels. Ainsi, ils ont constaté que, dans le cas du maïs, une carence en sels minéraux entraîne une modification de la fluorescence rouge, et que, dans le cas de la vigne, un stress minéral, par exemple un excès de calcium ou une carence en potassium ou en magnésium, engendre une hétérogénéité caractéristique de l'émission de la chlorophylle. L'imagerie par fluorescence donne ainsi un diagnostic précoce des déficits subis par la plante.

Comparée aux techniques utilisées aujourd'hui par les agriculteurs, le diagnostic par imagerie par fluorescence a l'avantage d'être non destructeur, rapide, et de donner une image complète de la plante. Une camionnette a été aménagée pour transporter le laser et une station de réception, de sorte que l'on mesure sur place les spectres de fluorescence des cultures : on cartographiera l'état physiologique des champs tout entiers. Ainsi, les agriculteurs pourraient suivre régulièrement l'état de leurs plantations et corriger les carences par un apport d'engrais optimal pour les plantes et plus respectueux de l'environnement.



Par fluorescence, on a obtenu des photographies de feuilles de vigne saine (a), carencée en potassium (b), ou en magnésium (c) ou encore souffrant d'un excès de calcium (d). Par cette métho-



de d'analyse des plantes dans les champs, on pourrait prévenir les carences ou les excès avant même que les signes de ces déséquilibres ne soient visibles à l'œil nu.



## De l'eau dans l'air

La quantité de vapeur d'eau présente dans la stratosphère aurait augmenté de 75 pour cent en 45 ans et doublé depuis 1980. Des chercheurs de plusieurs pays ont comparé les mesures anciennes de la teneur atmosphérique en vapeur d'eau avec les résultats des mesures récentes faites par des capteurs placés sur des avions de ligne. La décomposition du méthane en dioxyde de carbone et en eau serait responsable de la majeure partie de l'accroissement de la vapeur d'eau atmosphérique.

## Le «soi» des dauphins

Les dauphins se reconnaissent dans un miroir, viennent de montrer deux éthologues des Universités de Columbia et d'Emory. Ils ont d'abord tracé des marques sur deux dauphins à l'encre sombre, puis les ont effacées, avant de



les marquer à nouveau avec de l'encre invisible. Dans les deux cas, les dauphins se placent devant le miroir et recherchent les marques sur leur peau. Ils passent un temps plus long à s'observer pour détecter

les traces invisibles qu'ils recherchent que face aux marques apparentes, qu'ils découvrent rapidement. En outre, face au miroir, ils ne manifestent aucune des réactions qu'ils ont habituellement lorsqu'ils rencontrent d'autres dauphins, ce que font la plupart des animaux qui ne se reconnaissent pas dans un miroir. Après les humains et les primates, les dauphins sont la troisième espèce capable de se reconnaître.

## Astrologie à l'Université... en Inde

En Inde, la commission des financements universitaires vient de proposer la création de «départements d'astrologie» dotés de cinq postes de professeur, d'une bibliothèque, de laboratoires informatiques et d'une base de données d'horoscopes. Ces départements devraient être opérationnels pour l'année universitaire 2001-2002. Cette mesure est une initiative du ministre de la Recherche et de l'Éducation. Des chercheurs de toutes disciplines se sont mobilisés pour condamner cette tentative de légitimer les «pseudosciences».

## Croissant de dune

*La dynamique de la croissance des dunes en forme de croissant a été précisée grâce à des simulations sur ordinateur.*

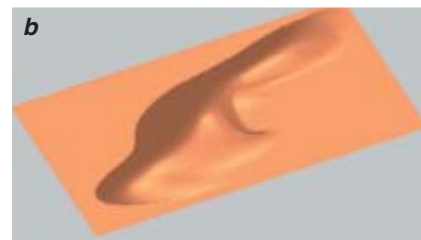
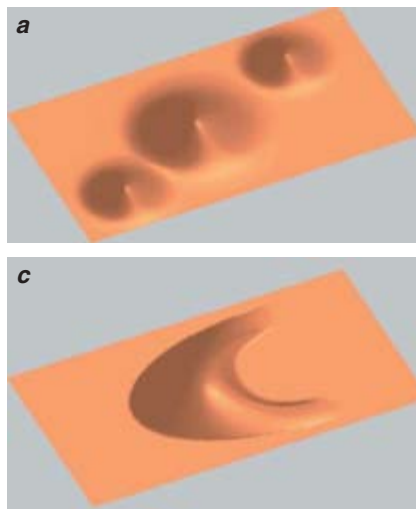
**P**lus de 100 types de dunes sont répertoriées dans le monde. Les plus simples d'entre elles sont les «barchans», qui prennent une forme de croissant. Elles naissent sur des sols plats rocheux ou parsemés de pierres, où le vent souffle toujours dans la même direction. Elles envahissent certaines régions de la Mauritanie et, à ce jour, les techniques de désensablement restent inefficaces à long terme (sept ans au maximum). Pour les améliorer, les physiciens ont entrepris l'étude de la formation de ces barchans. Afin d'éviter de polluer les souffleries avec des grains de sable, Hans Herrmann et ses collègues du Laboratoire hydrodynamique et mécanique physique de l'École supérieure de physique et chimie de Paris ont créé des dunes virtuelles. Grâce à cette simulation, ils ont découvert des lois qui régissent la dynamique de croissance des barchans.

Le modèle est fondé sur trois paramètres. Il simule le vent qui souffle dans le désert : sa vitesse au sol est constante et elle augmente avec la hauteur de la dune. Une fois la crête dépassée, le vent est dévié et tourbillonne. Le modèle simule aussi le flux des grains de sable qui s'accumulent sur la face exposée au vent, d'après des équations qui rendent compte de la saltation des grains : le vent fait décoller un grain, qui, en atterrissant, éjecte un ou plusieurs grains qui, à leur tour, par ce même mécanisme de saltation, en déplacent d'autres. De l'autre côté de la crête, les

grains dévalent la pente en avalanches. Le troisième paramètre pris en compte, outre le vent et l'écoulement du sable, est le relief du terrain. D'après une topographie initiale et la force du vent, le programme informatique calcule le flux du sable à la surface de la dune, puis la topographie, détermine si des avalanches se sont déclenchées ou non, recalcule la nouvelle topographie si nécessaire, puis la vitesse du vent modifiée par la nouvelle topographie, et ainsi de suite. Ce modèle itératif a révélé les propriétés cachées des barchans. Ainsi, que l'on parte d'un seul ou de plusieurs petits tas de sable (leurs volumes étant égaux), et quelle que soit leur forme, on aboutit à la même barchan finale.

En effet, les dunes se forment à partir d'une irrégularité du terrain, contre laquelle s'accumulent les grains. Contrairement aux gros grains, les plus petits s'envolent. Les dunes se déplacent à une vitesse inversement proportionnelle à leur hauteur : les petites bosses initiales bougent plus vite que les grandes, les rattrapent et coalescent. Elles adoptent une forme de croissant à partir d'une taille minimale d'environ 1,5 mètre, puis continuent à grandir tout en se déplaçant. Selon H. Herrmann et ses collègues, le sable est piégé derrière la dune tant qu'une longueur dite de saturation, qui représente la distance sur laquelle le transport par saltation se met en route, est supérieure à la longueur de la région protégée par la dune de l'action du vent.

L'équipe a aussi montré que toutes les barchans, quelle que soit leur taille, ont une forme qui obéit aux mêmes lois d'échelle. Le modèle a été validé par des mesures effectuées en Maroc et au Brésil. L'étude de la formation d'autres types de dunes et de l'impact des systèmes de lutte contre l'ensablement peut commencer.



Ces dunes virtuelles simulent les «barchans», en forme de croissant, qui naissent sur des sols où le vent souffle toujours dans la même direction. Elles se forment à partir d'un ou de plusieurs tas de sable (a). Elles sont mobiles et se regroupent, car les plus petites sont plus rapides que les grandes (b). Toutes les barchans prennent une taille et une forme identiques (c), quels que soient le nombre et la forme des bosses initiales.

H. Herrmann, LHM, ESPCI