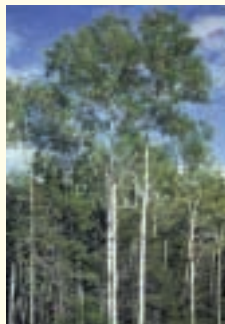


Un pauvre peuplier

La fabrication du papier à partir du bois est polluante, car elle nécessite l'élimination d'une substance indésirable, la lignine, qui confère au bois sa rigidité. En inhibant la synthèse d'une enzyme indispensable à la formation de lignine, une équipe du Centre de recherche sur les biotechnologies végétales, à Houghton, a créé des peupliers transgéniques dont la quantité de lignine est réduite de 40 pour cent par rapport aux arbres non modifiés. Une telle modification génétique d'espèces à



fort potentiel économique, tels l'eucalyptus et le pin, satisfera l'industrie papetière et les écologistes.

Hypernovæ

Le débat sur l'origine des sursauts gamma cosmiques est-il sur le point de s'achever? Après 20 ans d'observations et de travaux, les astronomes savent que ces éclairs de rayonnement gamma qui déchirent le ciel proviennent de galaxies qui entourent la nôtre, mais les avis restaient partagés sur l'événement initiateur : s'agissait-il de la coalescence de deux étoiles à neutrons ou de supernovæ particulièrement puissantes, des hypernovæ. Pour le sursaut du 26 mars 1998, la balance pencherait en faveur de la seconde hypothèse. Des astronomes ont observé que l'émission résiduelle dans le visible, qui a suivi le sursaut gamma, correspond à la courbe de lumière d'une supernova.

Détecteurs supersensibles

Comment suivre la piste d'un terroriste? En détectant des résidus d'explosifs ou d'agents biologiques. Grâce à une méthode de détection des molécules 100 fois plus sensible que les précédentes, les chimistes identifient des quantités infimes de molécules. L'identification est fondée sur la spectroscopie : les molécules absorbent la lumière d'une façon qui révèle leur nature. Malheureusement, lorsque les molécules sont rares, les interactions avec la lumière le sont aussi. Andrew Pipino, de l'Institut américain des standards et de la technologie, utilise un minuscule cube creux de silice. Un rayon laser y pénètre et y reste piégé, car il rebondit sur les faces internes du cube : il traverse ainsi 100 000 fois le cube, où sont placées les molécules à identifier. Grâce à cette méthode, la détection d'une molécule unique devient envisageable.

Prévention miracle?

Chez le rat, un laxatif usuel est un puissant agent contre le cancer du côlon.

Certains aliments favoriseraient l'apparition de cancers, d'autres les préviendraient. Ce qui fut longtemps une «croyance» semble de plus en plus solidement étayé. Nous avons étudié l'effet de la nourriture sur la survenue de cancers chez le rat, et cette étude nous a conduit à une découverte inattendue : le polyéthylène glycol utilisé, notamment, comme laxatif serait un traitement préventif du cancer du côlon.

Les molécules de polyéthylène glycol sont constituées d'un enchaînement de monomères d'oxyde d'éthylène, et ont pour formule $H-(O-CH_2-CH_2)_n-OH$, où n est compris entre 2 et 500 : ce sont des polymères hydrophiles. Le polyéthylène glycol n'est pas du tout toxique, et il est utilisé comme additif alimentaire : on en ajoute un peu aux glaces pour en améliorer la consistance. Il n'est pas absorbé par l'intestin, ni fermenté par la flore du côlon. Le polyéthylène glycol ayant un poids moléculaire égal à 4 000 sert de laxatif doux. On l'utilise aussi à forte dose pour préparer l'intestin avant une coloscopie.

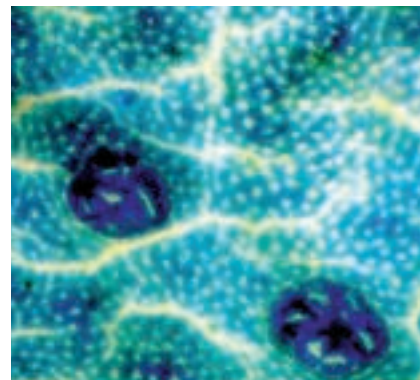
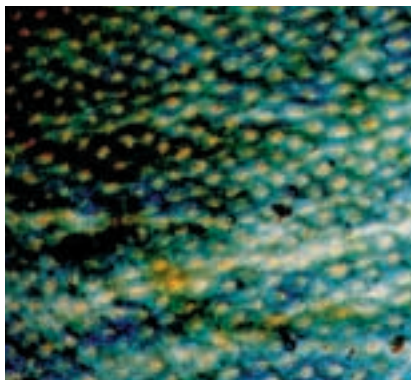
Si le cancer du poumon est le plus meurtrier chez les fumeurs, le cancer du côlon est le plus fréquent chez les non fumeurs. Aujourd'hui, plusieurs équipes recherchent s'il existe un aliment qui jouerait, dans le cancer du côlon, le rôle de la cigarette dans le cancer du poumon. Nous avons nourri des rats avec des régimes très riches en viandes, notamment en bacon grillé. Nous pensions, *a priori*, que le bacon, gras et contenant des nitrosamines cancérigènes, favoriserait

la croissance des tumeurs du côlon chez le rat. Or, nous avons découvert qu'au contraire, plus les rats mangent de bacon, moins vite les tumeurs de leur côlon grossissent. Nous avons alors émis l'hypothèse – la seule qui nous parut sensée – que le bacon, très salé, oblige les rats à boire beaucoup. Une forte consommation d'eau protégerait-elle contre le cancer du côlon? Des enquêtes récentes semblent confirmer, chez l'homme, cette première découverte.

Nous avons cherché si l'eau protégeait en favorisant l'excrétion fécale. Nous avons injecté à des rats un puissant agent cancérigène spécifique du côlon, l'azoxyméthane. On constate, un mois après l'injection, l'apparition de minuscules lésions, des microadénomes, sur la muqueuse du côlon. Plusieurs mois plus tard, les microadénomes ont grossi, et certains peuvent donner une tumeur nommée polype, ou un cancer.

Nous avons alors traité une partie des rats par un laxatif, le polyéthylène glycol : nous avons ajouté du polyéthylène glycol à la nourriture des rats pendant trois mois, en commençant une semaine après l'administration de l'agent cancérigène. Au bout de ces trois mois, les rats traités au polyéthylène glycol avaient 100 fois moins de gros microadénomes, et 20 fois moins de petits microadénomes, que les rats témoins qui n'avaient pas reçu de polyéthylène glycol.

Dans ce modèle, le polyéthylène glycol est dix fois plus efficace que tous les agents déjà testés. Il agit très vite, puisque trois jours de traitement suffisent à diminuer de moitié le nombre de microadénomes. Inversement, quand on arrête l'administration de polyéthylène glycol, le nombre de microadénomes augmente à nouveau. Le polyéthylène glycol agit sur des microadénomes récents, mais nous ignorons encore s'il peut détruire des cancers anciens. Chez le rat, il inhibe la formation des cancers du côlon.



Sur la face interne d'un côlon normal, on observe au microscope ($\times 40$) les ouvertures de «cryptes», très régulières (à gauche, en jaune), qui servent essentiellement au passage de l'eau à travers la paroi intestinale. Après l'injection d'un agent cancérigène à un rat, certaines cryptes se transforment et forment des masses sombres et protubérantes (à droite). Le polyéthylène glycol les fait disparaître.

Comment le polyéthylène glycol bloque-t-il la cancérogenèse intestinale ? Il ne modifie certainement pas le métabolisme de l'agent cancérogène, puisqu'il agit bien après son administration. Le polyéthylène glycol agit peut-être en protégeant mécaniquement la muqueuse : il s'interpose entre la muqueuse et le flux fécal et a un effet lubrifiant. Peut-être, le polyéthylène glycol agit-il, comme les fibres alimentaires, en diluant le contenu du côlon.

En effet, le polyéthylène glycol, qui est hydrophile et qui ne peut traverser la paroi intestinale, attire l'eau vers l'intérieur de l'intestin, par augmentation de la pression osmotique : deux milieux sépa-

rés par une paroi semi-perméable tendent à équilibrer les concentrations des éléments qu'ils contiennent en laissant passer de l'eau vers le milieu le plus concentré ; le contenu de l'intestin est ainsi dilué.

À cette dilution, s'ajouterait un effet délétère pour les cellules tumorales. Nous pensons que la pression osmotique due au polyéthylène glycol présent dans l'intestin déclenche un stress dans les cellules qui, pour maintenir leur volume, «luttent» contre cette aspiration d'eau. Les cellules tumorales seraient peut-être moins efficaces que les cellules normales pour lutter contre la pression osmotique ; elles

se déshydrateraient rapidement, se détacheraient de leurs voisins et seraient balayées par le flux fécal.

Les chercheurs s'interrogent : serait-ce le traitement préventif miracle que les cancérologues recherchent activement partout dans le monde ? Pour savoir si le polyéthylène glycol permettra d'éviter les 100 nouveaux cas de cancers colorectaux détectés chaque jour en France, il faudra d'abord confirmer son effet chez l'homme dans les conditions rigoureuses d'un essai clinique en double aveugle.

Denis CORPET et Géraldine PARNAUD
ENVY et INRA, Toulouse

Glaciers tropicaux

La fonte des glaciers tropicaux dépend plus de l'humidité que de la température.

Cela pourrait être une devinette : quelle est la différence entre un glacier tropical et un glacier des régions tempérées, par exemple un glacier alpin ? Face aux variations saisonnières, leur comportement est exactement inverse : alors que le glacier alpin fond pendant l'été, les glaciers tropicaux fondent pendant la saison humide (de novembre à mars) en même temps qu'ils accumulent de la neige.

Bien que les glaciers tropicaux représentent moins de cinq pour cent des glaciers de montagne du Globe, leur influence socio-économique est importante : les eaux de la fonte de ces glaciers alimentent en eau potable plusieurs grandes villes telles, en Amérique du Sud, La Paz, Lima ou Quito ; elles actionnent également des usines hydroélectriques. Les autorités boliviennes inquiètes du recul de ces glaciers observé depuis plusieurs années, et dans un souci de gestion des ressources, ont demandé à l'Institut de recherche pour le développement, l'IRD, d'étudier ce phénomène. Après avoir observé un glacier bolivien pendant plusieurs années, l'équipe de Pierre Ribstein a montré que c'est l'humidité, et non la température, qui commande la fonte de ces glaciers.

Sur un glacier – tropical ou non –, la glace se dépose en amont dans une zone d'accumulation, puis elle descend lentement et rejoint une zone d'ablation où elle fond en un torrent. Les deux zones sont séparées par une ligne d'équilibre où l'apport de glace est égal à la perte. Depuis 1980, le recul de cette ligne, située de plus en plus haut, traduit un réchauffement global du climat.

Sous les tropiques, la température varie peu d'une saison à l'autre, même si, au cours d'une journée, l'amplitude des températures peut atteindre 20 degrés. En revanche, les variations de précipitations sont importantes : environ 83 pour cent des précipitations tombent pendant la saison humide.

Pour comprendre le comportement inverse des glaciers tropicaux, les glaciologues ont installé deux stations météorologiques automatiques sur les pentes du glacier bolivien du Zongo, qui s'étend de 4 900 à plus de 6 000 mètres d'altitude, au Nord de la Paz. Ils ont mesuré les précipitations, la température, la vitesse et la direction du vent, ainsi que la quantité d'énergie absorbée par le glacier. Ils ont également mesuré le débit du torrent issu du glacier : il est trois fois plus grand pendant la saison humide que pendant la saison sèche. Or, la fonte des glaciers des autres régions du Globe suit un rythme inverse : les glaciers alpins fondent en été lorsque l'ensoleillement est maximal.

Les données recueillies montrent que, pendant la saison sèche, l'énergie solaire absorbée par le glacier sert surtout à la sublimation de la glace, qui passe directement de l'état solide à l'état vapeur. Ce changement d'état, qui requiert huit fois plus d'énergie que la fusion, restreint la quantité d'énergie disponible pour la fonte et l'alimentation du torrent. En revanche, pendant la saison humide, l'atmosphère est saturée en eau : la sublimation est freinée et l'énergie solaire est utilisée pour la fusion.

En marge du comportement saisonnier normal d'un glacier tropical, les oscillations australes du phénomène El Niño expliquent aussi partiellement le recul des glaciers. En Amérique du Sud, ces oscillations provoquent souvent une baisse des précipitations (d'environ 25 pour cent) et par une faible hausse des températures. Selon les glaciologues, ces fluctuations climatiques provoquent la disparition rapide

du manteau neigeux à la surface du glacier. La quantité de rayonnement réfléchi, représenté par l'albédo, diminue, de sorte que l'énergie absorbée augmente : la fusion est alors favorisée.

Les climatologues s'intéressent aux glaciers tropicaux, parce qu'ils espèrent, grâce à des carottages, comparer la mémoire des glaces tropicales à celle des glaces prélevées au Groenland qui ont déjà fourni des informations sur l'histoire du climat de la Terre.



En Bolivie, le glacier du Zongo (cercle de rouge) s'étend de 4 900 à 6 000 mètres d'altitude entre des moraines (zones dégagées). Les glaciologues ont installé deux stations météorologiques automatiques sur le versant du glacier (rectangles verts) et mesuré le débit du torrent (carré rouge) issu des eaux de la fonte du glacier. La ligne violette sépare la zone d'accumulation où la glace s'amasse de la zone d'ablation où elle fond.

Souris alcooliques

L'alcool ou certains calmants favorisent l'activation des récepteurs du GABA qui s'ouvrent et laissent passer des ions chlorure à travers la membrane des neurones qui les portent. Ce flux d'ions entraîne une sensation de satisfaction, ainsi qu'une inhibition de l'envie de consommation. Une équipe de l'Université de San Francisco a montré qu'en l'absence d'une enzyme de la famille des kinases, les récepteurs du GABA d'une souris restent plus longtemps ouverts : les messages de plaisir et d'inhibition sont plus durables. Il faut donc moins d'alcool ou de calmants pour atteindre le même état, et la «soif» de l'individu est réduite. Des traitements qui inhiberaient cette enzyme pourraient lutter contre l'alcoolisme et l'anxiété.

La fin de l'acide

Depuis le début de la Révolution industrielle, les émissions de composés acides augmentaient : sulfures et composés azo-

tés (essentiellement des oxydes), principalement émis par les combustibles fossiles, étaient rejetés dans l'atmosphère ; redéposés par les précipitations, ils acidifiaient les sols et les eaux. Pourquoi parler au passé de ces «pluies acides»? Parce que les efforts de réduction des émissions de sul-

fures et d'oxydes d'azote, menés depuis 1985, semblent efficaces : une équipe internationale qui surveille des lacs d'Europe et d'Amérique du Nord a montré que l'acidification des sols et des lacs s'affaiblit lentement.

Simple ou double?

La plupart des mammifères sont diploïdes : leurs chromosomes s'organisent par paires, et presque tous les gènes sont présents en deux exemplaires. La polyploïdie, c'est-à-dire que les chromosomes ne sont pas présents par paire, mais en nombre supérieur, est normalement fatale. Or, en Argentine, des zoologistes ont découvert une espèce de rat tétraploïde, où la majorité des chromosomes sont présents en quatre exemplaires ; quelques-uns, notamment les chromosomes sexuels, ne sont qu'en double comme chez les organismes diploïdes. Selon les zoologistes, seule cette élimination génétique a permis à l'animal d'exister et de se reproduire

Chandelles standards

Les supernovae lointaines sont-elles semblables aux supernovae proches?

Bien qu'elles soient à l'autre bout de l'Univers, les supernovae causent bien du souci ici bas. Fin 1998, les astronomes découvrent que ces explosions stellaires sont moins lumineuses que prévu, vraisemblablement en raison de la structure même de l'espace : contrairement à ce que pensaient jusqu'ici les cosmologistes, plutôt que de ralentir, l'expansion de l'Univers s'accélérerait. Selon Adam Riess et ses collègues de l'Université de Berkeley, l'annonce de cette surprenante découverte a été un peu précipitée, «un peu comme l'annonce de la découverte de la vie sur la météorite martienne», s'amuse-t-il à dire.

Le débat sur l'accélération cosmique est fondé sur la mesure de deux quantités clés pour chacune des supernovae lointaines repérées : la luminosité maximale de l'explosion et son décalage vers le rouge. La luminosité maximale de l'explosion semblait dépendre uniquement des caractéristiques intrinsèques de la supernovae : elle donnerait accès à la distance de l'explosion, mais comment estime-t-on cette distance? Imaginons une bougie dont on connaîtrait les caractéristiques, donc la luminosité absolue, placée à une distance inconnue. À partir de sa luminosité observée et de sa luminosité absolue, on déduit la distance. L'autre mesure, le décalage vers le rouge, indique quelle a été l'expansion de l'Univers depuis l'explosion de la supernova.

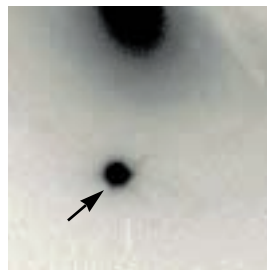
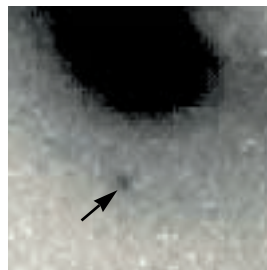
La supernova la plus ancienne connue a explosé voici 8,4 milliards d'années et, depuis, l'Univers a doublé de taille. Cependant, d'après le taux d'expansion actuel (déduit de l'observation de supernovae récentes), l'Univers devrait avoir triplé sa taille en 8,4 milliards d'années. Les astronomes en déduisent que l'expansion s'est accélérée.

Le déficit de luminosité sur lequel sont fondées ces conclusions est de l'ordre de 25 pour cent. Or, la variation naturelle de la luminosité maximale des supernovae, le paramètre utilisé par les cosmologistes, est du même ordre de grandeur, probablement en raison de différences dans la masse et dans la composition des étoiles progénitrices de l'explosion. Avec une telle disparité, les supernovae sont de mauvaises chandelles standards et, donc, de mauvais étalons de distances. Cependant, en étudiant des supernovae proches, les observateurs remarquèrent que plus la luminosité maximale est élevée, plus elle décroît lentement. En mesurant la décroissance de la luminosité des supernovae, les astronomes réussissent à compenser les variations dues aux disparités de composition. Les supernovae sont enfin des chandelles standards, des objets dont la courbe de luminosité indique leur luminosité intrinsèque.

La validité de ce concept de chandelle standard ne tient que si l'on suppose que ce qui est valide pour les supernovae proches l'est aussi pour les supernovae lointaines. Est-ce vraiment le cas? Le groupe d'A. Riess a remis cette hypothèse en cause en s'intéressant à une donnée habituellement négligée : le temps mis par une supernova pour atteindre son maximum de luminosité, le temps de montée de la courbe de lumière. En mesurant l'évolution de la luminosité de dix supernovae proches, les astronomes ont déterminé que le temps de montée moyen est de 20 jours, contre 17,5 jours pour les supernovae lointaines. Le scénario des explosions stellaires différerait selon l'époque de l'explosion.

Autre signal d'alarme : les différentes formules utilisées pour compenser les variations naturelles de la luminosité des supernovae engendrent des valeurs de la luminosité légèrement différentes.

De nombreux théoriciens pensent que ces désaccords ne sont pas fondamentaux. Le temps de montée de la luminosité dépend des premiers stades de l'explosion et il est très sensible aux caractéristiques de l'étoile progénitrice. À l'inverse, le maximum de luminosité et le temps de décroissance résultent de



Photographies d'une supernova dans une galaxie proche, avant l'explosion (à gauche), un jour après (au centre) et lors du maximum de luminosité (à droite).

B. Schmidt et C. Faraña