

Archéologie

Falaise, premier château normand en pierre ?

A 30 kilomètres au Sud de Caen se trouvent Falaise et son château ducal, que plus de 40 000 visiteurs viennent découvrir chaque année. La réfection d'une partie des remparts a conduit les archéologues de la Direction régionale des affaires culturelles (DRAC) à prouver que la première fortification du château remonte à la fin du X^e siècle.

L'indice clef de cette ancienneté est l'appareillage en *opus piscatum* (arête de poisson) de certaines parties du rempart, c'est-à-dire à base de pierres inclinées à 45 degrés, en changeant de sens à chaque strate successive. Découverts à la base du rempart, donc dans la toute première enceinte, de minuscules charbons de bois ont pu être datés au carbone 14 entre 960 et 1020. Or, à cette époque, les guerriers dressaient presque toujours des donjons de bois au sommet d'une motte ou de tout promontoire naturel, l'entouraient d'une palissade de bois et ménageaient éventuellement une basse-cour ceinte d'une autre palissade pour permettre aux roturiers qu'ils protégeaient de s'y réfugier. Dominant l'agglomération qui s'est peu à peu constituée à ses pieds, le château de Falaise présente exactement cette structure, sauf qu'il fut très tôt érigé en pierre. Pour le médiéviste Pierre Bouet, de l'Université de Caen, cette constatation illustre de façon spectaculaire la puissance des premiers ducs de Normandie, car sur plus de 500 fortifications normandes contemporaines du premier château de Falaise, à peine cinq sont bâties en pierre, en chaux et en sable.

→ F. S.



Ville de Falaise

Médecine

Infertilité féminine : deux molécules identifiées

Cinq à dix pour cent des couples connaissent des difficultés pour concevoir un enfant, et dans deux tiers des cas, l'infertilité est féminine. Dans trois cas sur quatre, il s'agit d'un syndrome des ovaires polykystiques, une pathologie ayant plusieurs causes possibles, mais qui aboutit en général à une absence d'ovulation. Heng-Yu Fan et ses collègues, de l'École de médecine Baylor à Houston aux États-Unis, ont identifié deux enzymes nécessaires à l'ovulation et aux mécanismes qui en découlent.

Pour qu'il y ait fécondation, un spermatozoïde doit rencontrer un ovule. À chaque cycle menstruel, dans l'ovaire, un follicule (un agrégat de cellules contenant un ovocyte) se développe et grossit ; quand il est mature, l'ovocyte est libéré. Dans la trompe qui conduit à l'utérus, cet ovocyte est prêt à être fécondé par un spermatozoïde.

Deux hormones libérées par une glande du cerveau, l'hypophyse, permettent au follicule de se développer : la folliculostimuline participe à la maturation du follicule, et la lutéinostimuline provoque la rupture du follicule et la libération de l'ovocyte. Si la maturation du follicule s'arrête, l'ovulation n'a pas lieu.

H.-Y. Fan et ses collègues se sont intéressés au follicule lui-

même et aux cellules qui entourent l'ovocyte. Au moment de l'ovulation, les cellules folliculaires se transforment et produisent des hormones indispensables à l'implantation de l'embryon et à la poursuite de la grossesse quand il y a fécondation. Différents facteurs de croissance et la lutéinostimuline – qui permet la rupture du follicule – activent une voie de signalisation cellulaire, dite des MAP kinases (pour *mitogen-activated proteins*) : il s'agit des enzymes MAPK3 ou ERK1 (pour *extracellular-regulated kinase*) et MAPK1 ou ERK2, dont on vient de découvrir le rôle essentiel dans l'ovulation.

Comment les biologistes l'ont-ils montré ? Ils ont créé des souris où ERK2 et ERK1 sont inactivées uniquement dans les cellules entourant l'ovocyte. Ces souris sont stériles et présentent plusieurs anomalies des ovaires : la maturation des ovocytes est stoppée et l'ovulation n'a pas lieu. Ainsi, l'absence des protéines ERK, *in vivo*, empêche la lutéinostimuline d'activer les gènes contrôlant l'ovulation. L'identification de ce mécanisme cellulaire essentiel à l'ovulation devrait permettre de mieux comprendre les causes des pathologies touchant l'ovaire.

→ B. S.-L.

H.-Y. Fan et al., *Science*, vol. 324, pp. 938-941, 2009

DERNIÈRE minute ...

NANODIAMANTS FLUORESCENTS

Les molécules fluorescentes permettent notamment de suivre des molécules biologiques et leurs interactions. Mais elles ont souvent une courte durée de vie en raison de leur réactivité chimique. Or des physiciens français et allemands ont pu fabriquer en grande quantité des nanodiamants fluorescents stables. Ils ont rendu fluorescents des microdiamants indus-

triels par irradiation électronique à haute énergie et un recuit, puis ont réduit la taille des microdiamants pour en faire des nanoparticules, sans altérer leurs propriétés.

AMPOULES DOPÉES AU LASER

Bombarder au laser ultrabref un métal noir augmente l'émission lumineuse quand ce métal est incandescent. C. Guo et ses collègues, de

l'Université de Rochester, l'ont constaté en irradiant avec un faisceau femtoseconde le filament de tungstène d'une lampe à incandescence. À la surface du métal, le faisceau produit des nanostructures dont l'effet est d'amplifier l'émission lumineuse ; elles peuvent aussi être exploitées pour modifier la couleur de la lumière. Une ampoule de 60 watts ainsi traitée éclaire autant qu'une ampoule de 100 watts.



Retour sur des sujets déjà traités dans nos colonnes

→ TOUCHER POUR APPRENDRE

Il y a un an, l'équipe d'Édouard Genot, à Grenoble, montrait que les enfants reconnaissent et mémorisent mieux des formes géométriques s'ils les apprennent en les voyant et en les touchant (voir *Apprendre en touchant*, *Pour la Science*, septembre 2008, p. 14). Aujourd'hui, elle obtient des résultats semblables avec des adultes (*PloS One*, mars 2009), montrant que le toucher facilite l'apprentissage de la lecture – d'une langue étrangère par exemple. Les chercheurs ont demandé à une trentaine d'adultes francophones d'apprendre 15 stimulus visuels inconnus, inspirés de lettres japonaises, et les 15 sons correspondants; certains travaillent uniquement en voyant les « pseudolettres », les autres utilisent le toucher et la vision. Les participants apprennent bien ces stimulus quelle que soit la méthode. Puis les chercheurs ont mesuré les performances de chaque adulte lors de deux tests mesurant leurs capacités à apprendre des associations entre stimulus visuels et auditifs; les partici-

pants ayant appris les stimulus de façon multisensorielle reconnaissent mieux le son correspondant à un stimulus visuel, et inversement. Le toucher permet de mieux connecter la vision et l'audition.

→ DE JEUNES SUPERNOVAE

Les supernovae de type Ia seraient des explosions de naines blanches, elles-mêmes étant des étoiles de type solaire en fin de vie. Elles exploseraient quand elles absorbent trop de matière d'une étoile compagnon. Comprendre les mécanismes de ces explosions est essentiel aux astronomes, car la luminosité intrinsèque des supernovae est constante, de sorte que ces objets célestes servent d'indicateurs pour estimer des distances entre galaxies (voir *Supernovae: des explosions énigmatiques*, *Pour la Science*, octobre 2005). Aujourd'hui, avec un nouveau modèle, des astronomes chinois confirment l'origine des supernovae de type Ia et le fait que la moi-

tié d'entre elles explosent moins de 100 millions d'années après la période de formation des étoiles majeures de leur galaxie (*Royal Astronomical Society*, avril 2009). Ils montrent que les supernovae « jeunes » correspondent à des naines blanches attirant du matériel d'une étoile compagnon à hélium, émettant dans le bleu, et que c'est seulement dans ce cas que l'explosion a lieu moins de 100 millions d'années après la période de formation des étoiles.

→ IMMORTELLE BACTÉRIE !

Toute l'information permettant à une cellule de vivre est enfermée dans son ADN, que celle-ci soit une composante d'un organisme ou qu'elle soit seule, telle une bactérie. Quand l'ADN est lésé, il faut qu'il soit vite réparé pour que la cellule survive ou ne devienne pas « tumorale »; pour ce faire, un système de réparation dit SOS, présent dans toutes les cellules, permet à l'ADN de rester fonctionnel (voir *SOS génome: réparation et évolution*, *Pour la Science*, mars 2000). Une

bactérie, *Deinococcus radiodurans*, est experte en réparation, car elle survit aux rayonnements ionisants, à une déshydratation extrême, aux produits toxiques et à d'autres agents endommageant l'ADN. Quand elle est exposée à des doses de rayonnements 1 000 fois supérieures au seuil mortel pour l'homme, son ADN se dégrade en centaines de fragments, puis « ressuscite ». Comment fait-elle? Des chercheurs français ont montré que cette réparation de l'ADN implique quatre enzymes présentes non seulement chez cette bactérie, mais aussi dans toutes les cellules (*Cell*, mars 2009). L'inactivation de chacune de ces enzymes suffit pour que la bactérie ne résiste plus à des rayonnements énergétiques. Deux enzymes déclenchent la synthèse d'ADN, deux autres réparent et répliquent les fragments d'ADN endommagés; puis les chromosomes se reforment. *Deinococcus radiodurans* utilise donc les mêmes enzymes que n'importe quelle cellule, de façon plus efficace et plus précise... Mais on en ignore la raison.

→ Bénédicte Salthun-Lassalle

→ DES ESPÈCES MARINES MENACÉES ?

De nombreuses espèces marines – le corail, des algues, des foraminifères, des coccolithophores, des ptéropodes (de petits escargots), etc. – sont des organismes calcaires dotés d'un squelette de calcite et d'aragonite. Or une partie du dioxyde de carbone libéré dans l'atmosphère – par la combustion des énergies fossiles – se dissout dans les océans où il augmente l'acidité de l'eau et diminue la disponibilité en ions carbonates nécessaires à la synthèse de ces squelettes calcaires (voir *L'acidification des océans: l'écosystème menacé*, *Pour la Science*, mai 2006). Plusieurs études ont montré que ce phénomène diminue la calcification des espèces marines. Des biologistes australiens ont comparé le poids des coquilles de foraminifères piégées dans des sédiments datant d'il y a 10 000 ans à celui de coquilles récupérées dans une couche récente de sédiments (*Nature Geoscience*, mars 2009). Ce dernier est 30 à 35 pour cent inférieur, et cette diminution de la calcification dépend bien des concentrations atmosphériques en dioxyde de carbone. En outre, une autre équipe, américaine, a montré que les particules en suspension dans l'air (le cuivre, l'azote, le fer, le phosphore) favorisent la croissance du phytoplancton ou, à l'inverse, le détruisent; tout dépend de l'espèce et de l'aérosol considérés (*PNAS*, mars 2009). Par exemple, les particules de cuivre sont toxiques pour la cyanobactérie *Synechococcus*, mais inoffensives pour *Prochlorococcus*. L'influence de l'atmosphère sur l'écosystème marin reste à explorer.

Les foraminifères (ci-contre) et les coccolithophores (en haut) ont un squelette calcaire.



Steve Gschmeissner, Photo researches, Inc.



Woods Hole Oceanographic Institution