

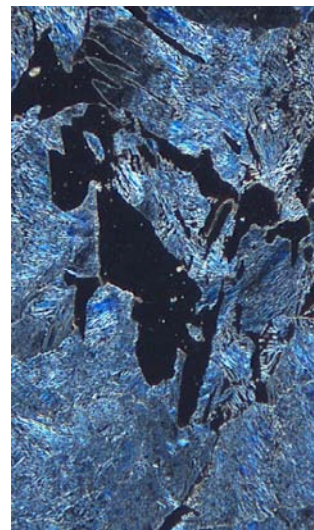
## Archéologie

# L'acier des cathédrales : squelette ou béquille ?

*La datation des renforts métalliques de cathédrales gothiques révèle qu'ils ont parfois été prévus dès la conception.*



Dans la cathédrale de Beauvais, des tirants métalliques empêchent les arcs-boutants qui soutiennent les murs du chœur de s'écarter. À droite, un fragment d'acier de la cathédrale vu au microscope (les parties bleues renferment un mélange de fer et de carbone).



**D**ans les années 1960, l'architecte Jean-Pierre Paquet a fait retirer les barres métalliques fixées entre les arcs-boutants (les piliers courbes soutenant les murs à l'extérieur) de la cathédrale de Beauvais. Il les trouvait inutiles et disgracieuses, et ne les pensait pas d'origine.

À l'instar de celle de Beauvais, la plupart des cathédrales gothiques intègrent des éléments en acier, tels des tirants (des barres fixées entre les piliers ou les murs pour éviter qu'ils ne s'écarterent). Ont-ils été prévus dès la conception ou bien intégrés plus tard pour renforcer la structure ? La question faisait débat. Une équipe interdisciplinaire menée par Stéphanie Leroy, du Laboratoire archéomatériaux et prévision de l'altération (LAPA, CNRS), a daté au carbone 14 les renforts métalliques des cathédrales de Beauvais et de Bourges, et montré que, pour la première, ces renforts ont été utilisés dès le début de la construction.

L'histoire des cathédrales est mouvementée. La construction de celle de Beauvais débuta en 1225 et s'est étalée sur plus d'un siècle. Du fait de la durée des travaux, des réparations successives et des

divers ajouts, il est parfois difficile de savoir quand certains éléments architecturaux ont été mis en place.

Après une analyse de la structure et de la disposition des renforts métalliques, S. Leroy et ses collègues ont effectué des microprelèvements, qu'ils ont datés au carbone 14. Cet élément radioactif, dont la désintégration progressive révèle le temps écoulé depuis la mort d'un organisme, provenait du charbon de bois brûlé dans les fourneaux où le minerai avait été transformé ; une petite quantité s'était alors incorporée aux métaux.

La difficulté, selon S. Leroy et Emmanuelle Delqué-Kolic, du Laboratoire de mesure du carbone 14 (CEA / CNRS / IRD / IRSN / MCC), est que « le carbone contenu dans les métaux anciens peut provenir d'autres sources et n'est présent qu'à l'état de trace ». Grâce à une étude fine de la structure des métaux ferreux et à une préparation spécifique des échantillons, les chercheurs ont réussi à extraire des quantités infimes de carbone et à les dater de façon fiable.

L'équipe de S. Leroy a d'abord validé sa méthode avec des

éléments datés par ailleurs grâce à des sources historiques et archéologiques. Puis elle l'a appliquée aux cathédrales. Les chercheurs ont trouvé qu'à Beauvais, certains renforts métalliques dataient du début de la construction, vers 1225-1240, et auraient donc été pensés dès la conception. À Bourges, cathédrale un peu plus ancienne (le chœur remonte à 1195-1214), les renforts semblent plutôt avoir été imaginés en cours de construction pour stabiliser l'édifice inachevé.

Ainsi, pour réaliser des performances architecturales inédites, les bâtisseurs de cathédrales devaient innover et tester de nouvelles techniques de construction. Les renforts métalliques sont sans doute l'un des éléments qui ont permis à ceux de la cathédrale de Beauvais d'édifier le plus haut chœur gothique du monde (46,3 mètres). J.-P. Paquet n'a pas eu une bonne idée en les retirant : lors d'une tempête en 1989, les piliers supportant les arcs-boutants se sont mis à osciller dangereusement. Des tirants de remplacement ont alors été mis en place dans les années 1990.

**Guillaume Jacquemont**

S. Leroy et al., *Journal of Archaeological Science*, vol. 53, pp. 190-201, 2015

**46**  
mètres environ

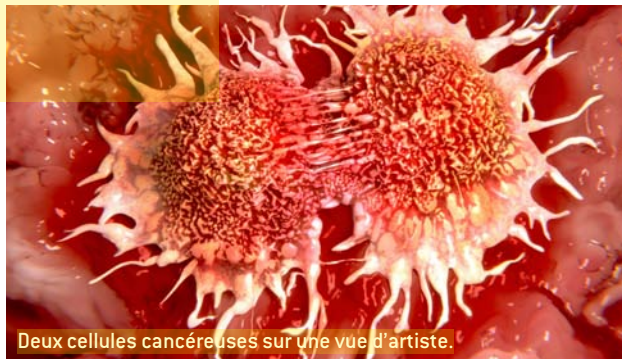
C'est la hauteur du chœur de la cathédrale de Beauvais, le plus haut chœur gothique du monde.

## Médecine

### Cancers : la part du hasard

**P**ourquoi les cancers sont-ils des millions de fois plus fréquents dans certains tissus que dans d'autres ? Deux tiers de ces disparités seraient dus au hasard et seulement un tiers à l'environnement et aux prédispositions génétiques héréditaires. Telles sont les conclusions de Cristian Tomasetti, de l'Université Johns Hopkins, et Bert Vogelstein, du Centre du cancer Johns Hopkins Kimmel, aux États-Unis.

Les agents mutagènes environnementaux et l'hérédité ne suffisent pas à expliquer les disparités observées, les chercheurs ont supposé qu'elles étaient dues au hasard associé au nombre de divisions des cellules souches des tissus : chaque tissu contient un réservoir de ces cellules qui participe à son maintien. Plus elles se divisent au cours d'une vie, plus le risque qu'une mutation aléatoire survienne sur un gène impliqué dans un cancer est grand. Pour tester cette hypothèse, ils ont confronté les données sur le nombre de divisions des cellules



Deux cellules cancéreuses sur une vue d'artiste.

souches dans 31 types de tissus et les risques de survenue d'un cancer dans chacun, aux États-Unis. Ils ont ainsi montré une corrélation entre le nombre de divisions des cellules souches dans un tissu et le risque de cancer dans ce tissu. Sur les 31 cancers, 22 seraient ainsi principalement dus au hasard.

Pour Jean-Pascal Capp, de l'Institut national des sciences appliquées de Toulouse, l'interprétation est incomplète et dangereuse : « Certes, les mutations augmentent la probabilité de développer un cancer, mais rien ne prouve

qu'elles en sont le déclencheur. Des cellules de tissus sains peuvent contenir de telles mutations et avoir un comportement normal. Le cancer n'apparaît que si leur environnement cellulaire est lui aussi perturbé durant une période assez longue. Et de telles perturbations peuvent être causées par des agents non mutagènes tels que les perturbateurs endocriniens. Donc malchance oui, concernant l'apparition des mutations, mais fatalisme sûrement pas. »

M.-N. C.

Science, vol. 347, pp. 78-80, 2015

#### Les latéralisés plus fûtés

Chez la plupart des gens, le langage est latéralisé, c'est-à-dire traité préférentiellement dans l'un des deux hémisphères cérébraux. Emmanuel Mellet, du CNRS, et ses collègues ont montré que ceux pour qui ce n'est pas le cas (un peu plus de 10 % des sujets étudiés) ont de moins bonnes performances cognitives. La latéralisation pour le langage représenterait alors un avantage évolutif, d'où sa prédominance, et ses variations refléteraient des différences cérébrales plus globales.

#### Comment fuir les maladies

Chez les rongeurs, les individus malades émettent des signaux olfactifs qui entraînent chez leurs congénères un comportement d'évitement. L'équipe d'Ivan Rodriguez, à l'Université de Genève, a montré que l'organe voméronasal, situé à l'extrémité intérieure du nez et spécialisé dans la détection des phéromones, joue un rôle clef dans ce phénomène. Reste à identifier les signaux olfactifs en jeu et les récepteurs correspondants.

## Génétique des populations

### La diversité génétique africaine enfin étudiée

**L**a plus grande diversité génétique humaine se trouve en Afrique. Une équipe réunie autour de Deepti Gurdasani, de l'Institut Sanger de recherche en génomique, commence à en révéler les structures.

Les chercheurs ont analysé d'une part des données génotypiques (les versions de certains gènes) de 1 481 individus provenant de 18 groupes ethnolinguistiques différents à travers l'Afrique subsaharienne, et d'autre part les séquences complètes des génomes de 320 individus représentant sept groupes ethnolinguistiques de trois régions distinctes géographiquement, à

savoir l'Éthiopie (Nord-Est de l'Afrique), l'Ouganda (Est) et l'Afrique du Sud.

Les chercheurs retrouvent dans leurs données l'expansion bantoue. Cette expansion d'une population paysanne originelle vers l'Afrique forestière puis orientale et australe, il y a plus de 3 000 ans, est à l'origine des 450 langues nigéro-congolaises apparentées en Afrique.

Plus surprenant, les chercheurs ont mis en évidence un considérable flux de gènes entre l'Eurasie et l'Afrique de l'Est, qui se serait produit il y a entre 10 500 et 7 500 ans. Même chez les Bantous, ce flux génique est à

l'origine d'une part de la diversité génétique africaine bien plus importante qu'on ne le pensait.

Tout aussi intéressants sont les indices de gènes bushmen (khoisans) partout en Afrique. Le fait que l'on en trouve aussi dans le génome ouest-africain est fascinant, car il suggère que les Bushmen correspondent à la population ancienne constituant le substrat génétique de l'Afrique subsaharienne d'avant les Bantous. Au cours de leur expansion, les Bantous ont repoussé les Bushmen dans les forêts et les déserts, mais se sont aussi mélangés à eux.

François Savatier

Nature, en ligne le 2 décembre 2014



Cette foule d'Afrique du Sud est à l'image de l'Afrique : diverse. Sans doute les Bantous y dominent-ils, mais les gènes eurasiens ou ceux des Bushmen sont présents, comme l'indique l'étude récente.