

Hawaï au sein de la collaboration KamLAND développe un petit détecteur de neutrinos qui peut localiser l'interaction de l'antineutrino à quelques millimètres près et un scintillateur dopé qui peut, de façon semblable, localiser le point d'arrivée du neutron.

La détermination de la direction des neutrinos augmenterait fortement notre capacité à surveiller à distance les réacteurs nucléaires en identifiant les particules qui nous intéressent et en éliminant celles qui viennent d'ailleurs. Au plus près des centrales, des détecteurs directionnels permettraient de forger une image du cœur du réacteur en fonctionnement. Les géologues utiliseraient de tels détecteurs pour établir des cartes tomographiques des neutrinos du manteau, qui indiqueraient les zones de forte accumulation de thorium et d'uranium. Et les physiciens des particules sont très intéressés par tout ce qui pourrait renforcer le rapport signal sur bruit des données d'oscillation des neutrinos.

De petits détecteurs sont en cours de développement, spécifiquement pour surveiller les émissions d'antineutrinos des réacteurs nucléaires. L'un des prototypes est pour l'essentiel une version moderne du

détecteur original de Reines-Cowan. Contenant environ une tonne de scintillateur liquide, il a fonctionné avec succès auprès de centrales nucléaires d'une puissance de l'ordre du gigawatt. Sans avoir accès à l'information de la salle de commande, ces dispositifs ont prouvé leur capacité à observer des cycles quotidiens de production et l'évolution du cycle du combustible.

## De petits mouchards nucléaires

Contrairement aux détecteurs d'une kilotonne, profondément enterrés et très protégés des rayons cosmiques, les appareils de surveillance d'un mètre cube fonctionnant en surface ou à proximité seront inondés par les muons des rayons cosmiques. Mais les réacteurs sont des sources si brillantes d'antineutrinos – une centrale nucléaire rayonne en fonction de sa puissance environ  $10^{20}$  antineutrinos par seconde – que le rapport signal sur bruit sera favorable si le détecteur est à proximité des réacteurs. À une distance de 25 mètres, un dispositif de surveillance

d'une tonne détecterait quelques centaines d'événements par jour.

L'adoption de détecteurs de neutrinos modernes, compacts et autonomes par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) représenterait une avancée importante. Les appareils de surveillance plus classiques sont obligés de se « brancher » sur l'infrastructure d'un réacteur (plomberie par exemple). On pense que les détecteurs de neutrinos vont se généraliser à côté des installations nucléaires qui coopèrent. Une telle surveillance non intrusive pourrait offrir des avantages économiques en aidant les opérateurs à ajuster le réacteur pour une production maximale d'électricité. De tels détecteurs, en donnant le signal pour un arrêt opportun du réacteur, aideraient peut-être à éviter des catastrophes nucléaires.

Le fantomatique neutrino est devenu un acteur de premier plan en cosmologie et dans la quête d'une théorie complète des interactions fondamentales. Il est en train d'acquiescer une autre place de choix pour sonder les profondeurs inaccessibles de notre planète et mieux surveiller les activités nucléaires. ■

**60<sup>e</sup> CONGRÈS**  
des professeurs  
de **Physique & Chimie**

**Confluences**

**Nantes**  
28, 29, 30, 31  
**octobre 2012**  
Cité des congrès  
Ecole Centrale

**PC**  
udppc  
Union des professeurs  
de physique et de chimie

**Infos & inscriptions**  
<http://udppc.asso.fr/nantes2012>

# Les voyages du LION

Grâce à une organisation sociale élaborée et à une fécondité soutenue, le lion a conquis presque tous les continents. Sa première sortie d'Afrique date de plusieurs centaines de milliers d'années.

Annik Schnitzler

**D**ans l'imaginaire collectif, le lion est souvent associé à l'Afrique. Pourtant, au cours de son histoire, il a conquis presque tous les continents : on trouve des restes osseux, ainsi que des peintures et des gravures préhistoriques le représentant, en Europe, en Amérique et en Asie. Il est d'ailleurs très présent dans de nombreuses traditions culturelles (voir l'encadré page 52).

La première sortie d'Afrique du lion remonte à plusieurs centaines de milliers d'années. Elle concernait des ancêtres du lion des cavernes, qui vivait en Eurasie et dont le statut taxonomique fait débat : certains le considèrent comme une espèce à part entière, en se fondant notamment sur des analyses génétiques, tandis que d'autres le rattachent aux lions africains dont descendent les lions actuels. Une seconde vague de lions s'est ensuite répandue en Europe et en Asie, avant de décliner, victime des activités humaines. Aujourd'hui, seules quelques centaines de lions sauvages survivent en dehors d'Afrique, dans l'Ouest de l'Inde.

© Bhushan Pandya

## L'ESSENTIEL

- Outre l'Afrique, dont il est originaire, le lion a peuplé une grande partie du monde, lors de deux vagues de colonisation.
- Les lions de la première vague ont disparu naturellement il y a environ 10 000 ans, tandis que ceux de la seconde ont décliné sous l'influence des activités humaines. Aujourd'hui, ils sont encore présents en Inde.
- Les recherches récentes ont précisé le statut taxonomique et le mode de vie du lion, ce qui devrait aider à prendre des mesures adéquates pour sauvegarder l'espèce.



**1. LE LION D'ASIE** (à droite) n'est plus présent qu'en Inde. Il est plus petit que les lions vivant au Sud du Sahara (ci-dessus), en Afrique, et a une crinière moins fournie. Il est rattaché au groupe nord-africain/asiatique. Outre l'Asie du Sud-Ouest, ce groupe a peuplé l'Afrique du Nord et une partie de l'Europe – d'où il a disparu –, et peut-être aussi le centre et l'Ouest de l'Afrique.



La grande mobilité des lions complique la détermination des sous-espèces, et des recherches récentes en paléontologie et en génétique ont précisé la parenté entre les groupes des différentes régions. Cette mobilité s'explique en partie par un système social élaboré, comprenant une part de nomadisme. Après avoir détaillé ces points, nous décrirons les territoires peuplés par les deux vagues de lions. Nous nous intéresserons ensuite aux derniers de ces animaux vivant hors d'Afrique, ceux de l'Ouest de l'Inde, et aux mesures nécessaires pour les sauvegarder.

Le lion appartient à la famille des félinés (Felidae) et au genre *Panthera*. L'espèce actuelle se nomme *Panthera leo*. Selon l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), elle se divise en deux sous-espèces : le lion subsaharien (*Panthera leo leo*) et le lion d'Asie (*Panthera leo persica*), qui vit dans la péninsule de Kâthiâwar, au Nord-Ouest de l'Inde. Le lion d'Asie présente des différences morphologiques avec le lion subsaharien, telles une peau pendante sous l'abdomen, une crinière peu étendue et une taille inférieure (voir la figure page 56).

## Une taxonomie sans cesse améliorée

Cependant, cette classification ne reflète pas la complexité de l'histoire du lion, et d'autres ont été proposées. Les plus anciennes exploitent les traits morphologiques : soit elles n'admettent aucune sous-espèce à *Panthera leo*, soit elles en proposent entre six et neuf. Les plus récentes, fondées sur des analyses génétiques et craniométriques, les recoupent partiellement, subdivisant l'espèce en deux à huit groupes distincts. En particulier, Ji Mazák, du Musée des sciences et de la technologie de Shanghai, a proposé en 2010 de distinguer deux groupes majeurs, qui recourent partiellement ceux de l'UICN : le groupe africain (comprenant les lions de l'Est et du Sud de l'Afrique), très diversifié génétiquement, et le groupe nord-africain/asiatique, plus homogène.

Ce dernier groupe se serait différencié du premier il y a entre 200 000 et 73 000 ans, à partir de populations d'Afrique de l'Est. Ces populations sont progressivement sorties du continent et ont peuplé une partie de l'Europe et de l'Asie, tout en gardant des contacts étroits avec les lions d'Afrique du Nord.

Selon certains scientifiques, le groupe nord-africain/asiatique n'est plus représenté que par le lion d'Asie de la classification de l'UICN et par quelques lions de l'Atlas (un sous-groupe ayant peuplé l'Afrique du Nord), hybridés avec des lions subsahariens et vivant dans des zoos. Cependant, d'autres proposent de rattacher à ce groupe les lions de l'Ouest et du centre de l'Afrique, soit environ 2 000 individus : ainsi, en 2011, Laura Bertola, de l'Université de Leyde, aux Pays-Bas, et ses collègues ont mis en évidence une grande proximité génétique entre ces lions et ceux d'Asie (voir l'encadré page 55).

Préciser le statut taxonomique du groupe nord-africain/asiatique est crucial pour prendre des mesures de conservation adéquates. Les derniers lions sauvages d'Afrique du Nord ont disparu vers le milieu du <sup>xx</sup> siècle. Si on ne lui associe pas les lions du centre et de l'Ouest de l'Afrique, le groupe nord-africain/asiatique se limite donc à la population indienne : selon un recensement effectué en 2010, l'effectif des animaux sauvages n'est plus que de 411 individus. La CITES (*Convention on International Trade of Endangered Species*, ou Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction), signée en 1973 à Washington, stipule que le lion d'Asie est en voie d'extinction ; il est classé dans l'annexe I, qui interdit le commerce, sauf dans des cas exceptionnels ; en 2008, l'UICN a confirmé ce statut d'espèce menacée d'extinction.

La situation est plus contrastée pour les lions subsahariens, dont le territoire couvre trois millions de kilomètres carrés, soit dix pour cent du continent : si les populations de l'Ouest de l'Afrique sont précaires, celles de l'Est sont moins menacées. Leur effectif total a diminué de 30 à 50 pour cent au cours des 20 dernières années, mais il reste supérieur à 20 000, selon une estimation de 2009. Le lion subsaharien est classé dans l'annexe II de la CITES, qui répertorie les espèces non menacées d'extinction mais dont le commerce est réglementé, et a été décrit comme « vulnérable » par l'UICN en 2008.

Le lion a un système social élaboré, unique parmi les félinés. Tandis que les autres félinés sont solitaires en dehors des périodes de reproduction, les lions coopèrent pour chasser, protéger les lionceaux et se défendre. Leur architecture sociale comporte deux groupes différents : un résident et un

nomade. Le groupe résident, très stable, est composé de femelles adultes apparentées (une à 18 selon la disponibilité en ressources, en moyenne six pour les lions subsahariens) et de leurs petits, accompagnés par deux ou trois mâles adultes. Ses membres se côtoient sur un même territoire, dont les dimensions varient en fonction de la ressource alimentaire. Il comprend un ou plusieurs points d'eau et des lieux où mettre bas en toute tranquillité.

Les mâles adultes des groupes résidents protègent le territoire et leurs petits, en patrouillant, en marquant leur territoire par de l'urine et en rugissant. Les femelles ont un comportement égalitariste : aucune ne domine, ni ne manifeste d'agressivité vis-à-vis d'une autre. Elles élèvent leurs petits en commun dès qu'ils sont âgés de six mois. Lors du partage des aliments, il n'y a pas de lutte pour les carcasses. Les femelles s'entraident en cas d'attaques par des « gangs » étrangers, faisant front ensemble pour éviter des infanticides quand un lion mâle s'approprie le groupe. Dans ce

Le lion est présent dans les arts, les religions et les philosophies des sociétés eurasiennes et africaines depuis le Paléolithique. Il est parfois représenté sous une forme hybride : l'une des plus anciennes statuettes connues, trouvée en Allemagne et datée de 30 000 ans, figure un être à tête de lion et à corps d'homme. On trouve aussi des lions dans l'art pariétal (grotte Chauvet) et dans les mythes anciens.

Ainsi, l'animal a eu une dimension symbolique tout au long de l'histoire des sociétés humaines. Il représente la puissance, le courage, la justice, mais aussi parfois la cruauté ou les forces du mal. En Occident et en Asie, il orne les trônes, les tombes et les drapeaux des gouvernants, qui renforcent leur prestige en organisant des chasses au lion. Les mythes décrivent des héros qui affrontent l'animal, tels Gilgamesh et Hercule.

Le lion a aussi été dieu, gardien de l'empire des morts, compagnon des dieux, animal sacré... Les déesses de l'Antiquité, de Ishtar à Cybèle, et les prophètes, tels Mahomet et Bouddha, sont souvent accompagnés de lions ; la Bible nomme Jésus le lion de la tribu de Judas (l'une des 12 tribus d'Israël, dont sont issus les rois de la lignée de David). En Égypte, on a trouvé un squelette de lion, datant de 143 ans avant notre ère, dans la tombe de la nourrice de Toutankhamon. L'animal est très présent dans les églises, les édifices publics et les fontaines. Aujourd'hui encore, l'image du lion est abondamment utilisée dans les arts et la publicité, ainsi que par le cinéma et les fabricants de jouets.

Cette dimension symbolique complique la reconstitution des aires peuplées par le lion. En effet, il a parfois été représenté, voire placé en captivité, à des endroits où il ne vivait pas à l'état sauvage. En outre, des peaux de lion, qui faisaient l'objet d'un commerce, étaient importées de contrées lointaines.

cas en effet, le mâle étranger tue les petits, car les femelles, privées de ces derniers, redeviennent vite fécondes.

Deux ou trois ans après leur naissance, la plupart des mâles quittent le groupe et forment des coalitions. Certains intègrent d'autres groupes résidents en expulsant les mâles présents, tandis que d'autres deviennent nomades : ils errent à l'intérieur ou aux marges des territoires des groupes résidents, poussant parfois très loin, chassant eux-mêmes ou se comportant comme des charognards à partir des proies laissées par les groupes résidents. Des femelles se joignent parfois à ces groupes nomades.

Les anciens lions avaient aussi un système social élaboré – nous y reviendrons. Grâce à lui et à leur fécondité, ils ont conquis de vastes territoires. Ces deux attributs sont avantageux dans un environnement où les lions se disputent la nourriture avec les hyènes, les canidés et d'autres félidés.

Deux vagues principales ont marqué la sortie d'Afrique du lion. La première remonte à plusieurs centaines de milliers d'années :

le plus ancien reste osseux de lions trouvé en Eurasie date de 680 000 ans ; il s'agit d'un fragment de mandibule, découvert à Pakefield, en Angleterre. En comparaison, le plus ancien fossile de lion connu en Afrique date de 1,7 million d'années.

## Deux vagues de colonisation

Les premiers lions découverts en Eurasie (*Panthera fossilis* ou *Panthera leo fossilis* selon les scientifiques) seraient une forme ancienne du lion des cavernes (*Panthera spelaea* ou *Panthera leo spelaea*). Ce dernier était plus imposant que les lions actuels : il atteignait 3,50 mètres de longueur (du nez à l'extrémité de la queue), pour une hauteur de 1,30 mètre au garrot – la taille d'un bœuf ! – et un poids d'environ 500 kilogrammes, selon le paléontologue Alain Argant, de l'Université d'Aix-Marseille. On a découvert des peintures le représentant, datées d'environ 30 000 ans, dans les grottes de Chauvet, de Lascaux et des Combarelles. On y voit que ces lions

### ■ L'AUTEUR



**Annik SCHNITZLER** est professeur au Laboratoire des interactions écotoxicologie, biodiversité, écosystèmes (LIEBE), UMR-CNRS 7146, à l'Université de Lorraine, à Metz.

## LA DIMENSION SYMBOLIQUE DU LION

### Une fontaine à tête de lion,

en Azerbaïdjan.

L'association du lion et de l'eau viendrait d'Égypte : la constellation du lion apparaissant avec la crue du Nil, l'animal y était lié à l'eau, nécessaire à la vie.



**Le sphinx de Gizeh, en Égypte,** est l'un des multiples exemples de représentation hybride d'homme et de lion.



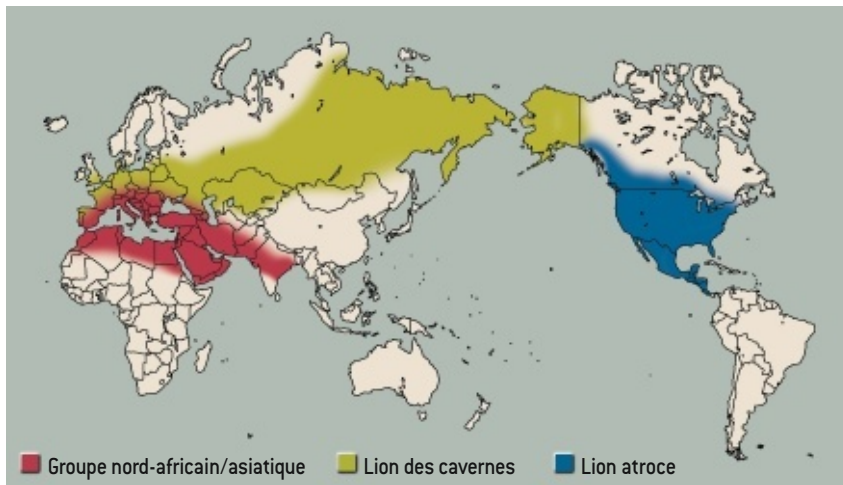
**Cette statuette en ivoire (ci-contre),** découverte en Allemagne, est vieille de 30 000 ans. Haute de 30 centimètres, elle figure un homme à tête de lion.



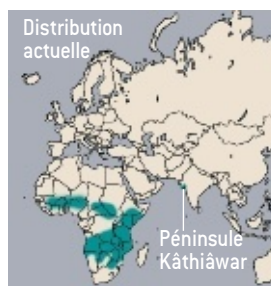
**Les gouvernants, ici le doge de Venise,** sont souvent représentés avec des lions, parfois ailés. L'animal symbolise la puissance, le courage et la justice.



**En Inde, des lions ornent les temples.** Ils sont considérés comme les compagnons des dieux.



**2. LES LIONS SONT SORTIS D'AFRIQUE** il y a environ 700 000 ans. Le lion des cavernes s'est répandu dans une grande partie de l'Europe et de l'Asie [en vert sur la carte ci-dessus], avant de passer en Amérique et de se différencier en une autre sous-espèce, le lion atroce [en bleu]. Au Nord, son expansion a été bloquée par des glaciers. Plus tard, une seconde vague de lions, appartenant au groupe nord-africain/asiatique, a quitté l'Afrique de l'Est pour coloniser de vastes territoires [en rouge]. On ignore s'ils ont interagi avec les lions des cavernes, mais ils n'en descendent pas. Aujourd'hui, les lions ne vivent plus qu'en Afrique (au Sud du Sahara) et dans l'Ouest de l'Inde [carte ci-contre].



n'avaient pas de crinière. Les peintures de Chauvet représentent des lions des cavernes chassant en groupe et d'autres dans des postures indiquant des contacts sociaux, par exemple avec les oreilles penchées en arrière : à l'instar des lions modernes, ils avaient donc une organisation sociale élaborée.

L'expression « lions des cavernes » est trompeuse, car ces lions n'habitaient pas dans les grottes. C'est pourtant là qu'ils ont été retrouvés le plus souvent. Ils y sont probablement morts des suites de luttes avec les hyènes (*Crocota crocuta spelaea*), dont ils étaient les compétiteurs directs, ou avec les ours des cavernes, qu'ils attaquaient durant la période d'hivernation ; ils ont aussi pu tomber dans des trous en cherchant leurs proies. Selon des analyses récentes, les lions des cavernes mangeaient principalement des ours et des rennes.

Le lion des cavernes a parcouru toute l'Europe, puis l'Asie, jusqu'en Sibérie, évitant les parties nordiques couvertes de glace, les montagnes asiatiques et les forêts denses. L'Asie était alors connectée à l'Amérique par le pont terrestre de la Bérिंगie, et le lion a poursuivi sa route vers l'Alaska, qu'il a atteint il y a 480 000 à 360 000 ans.

Les populations de l'Eurasie se seraient ensuite séparées génétiquement de celles de la Bérिंगie et de l'Alaska il y a environ

337 000 ans – une hypothèse non confirmée pour l'instant en raison du manque d'échantillons. Plus tard, le lion américain a encore évolué, formant il y a environ 200 000 ans une nouvelle sous-espèce (ou une espèce selon certains scientifiques) : le lion atroce (*Panthera atrox* ou *Panthera leo atrox*), qui s'est répandu sur le continent, jusqu'en Amérique centrale. Il y a quelques dizaines de milliers d'années, les lions occupaient ainsi une grande partie du monde : tout le continent africain, où vivait la sous-espèce *Panthera leo shawi*, ainsi qu'une bonne part de l'Eurasie et de l'Amérique, où demeuraient le lion des cavernes et le lion atroce (voir la figure ci-dessus).

## Des lions disparus sans descendance

Ces deux derniers lions ont disparu sans descendance à la fin de la dernière période glaciaire. Selon des datations au carbone 14 des restes osseux les plus récents, le lion des cavernes s'est éteint il y a environ 11 150 ans en France et il y a environ 12 450 ans au Nord-Est de la Sibérie. Ces dates suggèrent une disparition quasi synchrone sur toute l'Eurasie. Le lion atroce, quant à lui, se serait éteint il y a environ 10 370 ans. Ces dates reflètent l'état actuel des découvertes,

mais il est possible que de petites poches localisées de lions aient survécu plus tardivement. Auparavant, les populations d'Eurasie et d'Amérique s'étaient fragmentées, en raison d'épisodes climatiques très froids, qui ont notablement limité les proies disponibles. L'homme a peut-être aussi contribué à ce processus.

Quels liens les lions disparus ont-ils avec les lions actuels ? Des analyses d'ADN ont montré que les seconds ne descendent pas des premiers, même s'ils ont tous deux les lions d'Afrique *Panthera leo shawi* pour ancêtres : les lions du groupe nord-africain/asiatique seraient apparus sur leur continent d'origine – et non en Eurasie à partir du lion des cavernes –, avant de coloniser l'Eurasie plus tardivement que leurs cousins disparus. La frontière Nord du territoire des lions du groupe nord-africain/asiatique et la frontière Sud de celui des lions des cavernes se recoupent entre l'Espagne et le Caucase (voir la figure ci-contre), et ces deux lions pourraient s'y être cotoyés pendant un temps, mais on ignore s'ils ont interagi.

Les restes osseux sont souvent trop fragmentaires pour qu'on puisse distinguer auquel de ces lions ils appartiennent. On considère que les premières traces avérées des lions du groupe nord-africain/asiatique en Eurasie datent d'entre 6 000 et 4 000 ans avant notre ère, lorsque les lions des cavernes avaient disparu. Ils y sont peut-être arrivés plus tôt, mais cela reste à confirmer.

Bien qu'on manque de certitudes sur les dates d'arrivée dans les différents lieux, on peut reconstituer l'aire globale peuplée par le groupe nord-africain/asiatique. On s'appuie sur plusieurs champs disciplinaires, de la zoologie historique à l'archéozoologie et l'archéologie. Les données sont plus ou moins nombreuses pour les différentes périodes de l'Holocène (qui s'étend sur les 10 000 dernières années). Au cours de cette époque, les milieux naturels ont profondément changé dans de multiples régions du monde.

Ainsi, entre 9600 et 3500 ans avant notre ère, une partie de l'aire du lion, du Sahara à l'Inde, avait un climat assez humide. D'importantes étendues lacustres ou marécageuses s'étendaient dans le Sahara, sur des superficies atteignant parfois 100 kilomètres carrés (en comparaison, le lac Léman fait un peu moins de 600 kilomètres carrés). Elles étaient entrecoupées de larges steppes herbeuses. La faune saharienne était alors

d'une incroyable richesse et abondait en ongulés, bovidés, équidés et carnivores, venus de la région du Nil ou de la côte méditerranéenne.

D'autres types de steppes couvraient l'Asie du Sud-Ouest, au climat plus froid, du Turkestan au plateau iranien. Dans le bassin méditerranéen, les forêts occupaient de vastes régions, s'avancant jusqu'au centre de l'Anatolie (la partie asiatique de la Turquie) et le Levant (une région comprenant le Liban, une partie de la Syrie, la Jordanie, Israël et les Territoires palestiniens). L'Indus, un des plus puissants fleuves du monde qui coule entre l'Inde et le Pakistan, était alors bordé d'une forêt dense.

Les restes osseux les plus anciens d'Eurasie (8 000 avant notre ère dans la péninsule Ibérique, et 5 460 avant notre ère, en Italie) font l'objet de controverses : trop fragmentaires pour être identifiés avec précision, ils pourraient avoir appartenu à des lions des cavernes. Entre 5000 et 3500 avant notre ère, les restes sont sans doute ceux de lions du groupe nord-africain/asiatique, mais ils restent très rares : ils ont été trouvés en Israël, en Europe centrale (Bulgarie, Ukraine) et en Grèce. D'autres indices de la présence du lion en Eurasie à

cette époque sont donnés par les gravures rupestres qui les représentent : on en a découvert en Azerbaïdjan (dans la région du Gobustan) et dans la péninsule Arabique. Notons qu'on a également retrouvé de telles gravures en Afrique du Nord, dans les montagnes du Sahara (sites de Djanet, dans le Sud de l'Algérie, de Messak Settafet, en Libye...), entre le Nil et le Sahara central, et sur la rive Est du Nil (où les lions étaient représentés assis ou en chasse).

De 3500 avant notre ère à l'an 500 de notre ère, le climat est devenu aride dans une grande partie du territoire du lion : les déserts ont succédé aux steppes, du Sahara à la péninsule Arabique. Les zones arides se sont étendues jusqu'à la vallée de l'Indus, le Pakistan et l'Inde il y a environ 2000 ans.

La présence des lions au Proche-Orient (Irak, Palestine, Israël, Jordanie, Liban, Syrie), en Égypte et en Grèce pendant toute cette période est attestée par de nombreux indices. Outre des vestiges osseux, des gravures rupestres de lions ont été découvertes en divers endroits. Les sources écrites confirment la présence de lions. Les plus anciennes qui les évoquent remontent au III<sup>e</sup> millénaire avant notre ère et proviennent



**3. UN CRÂNE FOSSILE**  
de lion des cavernes, vieux  
de 600 000 ans, a été  
découvert à Château Breccia,  
en Bourgogne.

## ■ BIBLIOGRAPHIE

A. Schnitzler, Past and present distribution of the North African-Asian lion subgroup : a review, *Mammal Review*, vol. 41, pp. 220-243, 2011.

L. Bertola et al., Genetic diversity, evolutionary history and implications for conservation of the lion (*Panthera leo*) in West and Central Africa, *Journal of Biogeography*, vol. 38, pp. 1356-1367, 2011.

A. Stuart et A. Lister, Extinction chronology of the cave lion *Panthera spelaea*, *Quaternary Science Review*, vol. 30, pp. 2329-2340, 2010.

J. Mazak, Geographical variation and phylogenetics of modern lions based on craniometric data, *Journal of Zoology*, vol. 281, pp. 194-209, 2010.

Y. Jhala et al., Home range and habitat preference of female lions (*Panthera leo persica*) in Gir forests, India, *Biodiversity and Conservation*, vol. 18, pp. 3383-3394, 2009.

## Qui sont les lions de l'Ouest et du centre de l'Afrique ?

Faut-il multiplier par six l'effectif du groupe nord-africain/asiatique ? C'est ce que suggère une étude publiée en 2011 par Laura Bertola, de l'Université de Leyde, aux Pays-Bas, et ses collègues. Ils ont mis en évidence une grande proximité génétique entre les lions d'Asie (environ 400 individus) et ceux de l'Ouest et du centre de l'Afrique (environ 2 000 individus). Ils proposent donc de rattacher ces derniers au groupe nord-africain/asiatique.

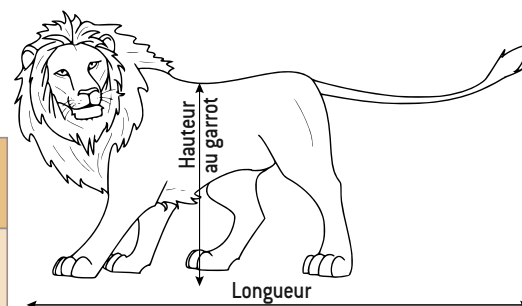
Les biologistes se sont fondés sur des séquences d'ADN mitochondrial prélevées sur 126 lions, issus de toutes les zones peuplées aujourd'hui par l'animal. Ces séquences d'ADN sont comprises dans la région du génome codant le cytochrome *b*, une enzyme essentielle à la mitochondrie pour exploiter l'oxygène respiratoire et produire l'énergie de la cellule. En analysant le degré

de ressemblance des séquences, les chercheurs ont établi l'arbre phylogénétique des lions, c'est-à-dire qu'ils ont reconstitué leurs relations de parenté.

Ils ont conclu que les lions de l'Ouest et du centre de l'Afrique sont génétiquement éloignés de ceux de l'Est et du Sud du continent, et assez proches de ceux d'Asie. Ils expliquent cette proximité de la façon suivante : il y a entre 40 000 et 18 000 ans, de vastes régions d'Afrique centrale et occidentale sont devenues hyperarides et ont perdu leur grande faune ; il y a 8 000 à 3 000 ans, des lions du groupe nord-africain/asiatique issus du Moyen-Orient auraient traversé le Sahara, qui connaissait alors une période humide, et recolonisé ces zones. Des peintures rupestres figurant des lions, découvertes au milieu du Sahara, représentent peut-être ces colonisateurs tardifs.

Les résultats de L. Bertola doivent être confirmés – pour l'instant, l'Union internationale de la nature (UICN) considère encore que tous les lions vivant au Sud du Sahara, y compris ceux de l'Ouest et du centre de l'Afrique, appartiennent à la même sous-espèce, celle du lion subsaharien. Quelles seraient les conséquences pour la conservation de l'espèce ? Le lion du groupe nord-africain/asiatique garderait probablement son statut d'espèce en voie d'extinction, mais les populations du centre et de l'Ouest de l'Afrique bénéficieraient également de ce statut, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. Ce serait d'autant plus profitable que ces populations sont petites et fragmentées, à l'inverse de celles de l'Est et du Sud, plus importantes et plus stables. En outre, on devrait sans doute limiter les hybridations entre les lions captifs issus de deux sous-groupes différents.

Crâne complet de *Panthera spelaea fossilis*, Château Breccia (Sud-est de la France), Ensemble Nord, fouilles A.J. Argant, CHA-98-03-246



#### 4. LES LIONS SE RÉPARTISSENT

en plusieurs groupes (espèces ou sous-espèces), dont les caractéristiques morphologiques diffèrent. Ces caractéristiques varient aussi notablement entre les individus d'un même groupe. On donne ici les valeurs moyennes pour les mâles.

© Linda Brakhor/shutterstock.com (lion)

|                                         | Longueur   | Hauteur au garrot | Poids           | Crinière           |
|-----------------------------------------|------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| <b>Lion des cavernes et lion atroce</b> | 3,5 mètres | 1,3 mètre         | 500 kilogrammes | Absente ou réduite |
| <b>Lion d'Asie</b>                      | 2,9 mètres | 0,95 mètre        | 190 kilogrammes | Discrette          |
| <b>Lion subsaharien</b>                 | 3,2 mètres | 1,10 mètre        | 225 kilogrammes | Développée         |

des hauts plateaux mésopotamiens. Les lions, qui s'attaquaient au bétail et aux gardiens de troupeaux, y étaient activement chassés. En Égypte, des textes rédigés sous Aménophis III (1352-1330 avant notre ère) relatent que le pharaon a tué une centaine de lions. L'animal habitait alors les oasis des déserts orientaux et occidentaux, ainsi que sur la côte méditerranéenne. D'autres écrits où il est question de lions, tels ceux d'Homère (VIII<sup>e</sup> siècle avant notre ère), sont d'origine grecque. Quelques siècles plus tard, la Bible mentionne 135 fois l'animal, qui peuplait alors le Sud d'Israël.

En Inde, les premiers textes évoquant des lions datent du III<sup>e</sup> siècle avant notre ère. L'animal pourrait y être arrivé vers l'an 2000 avant notre ère, par des passages dans les forêts denses de l'Indus ; ces passages auraient été ouverts par des sécheresses et par la civilisation de l'Indus (entre 3 300 et 1 400 avant notre ère), qui pratiquait le brûlis pour créer des pâturages. Toutefois, les preuves et les ossements manquent, sans doute en raison de la rareté des lions dans la région à cette époque. Par la suite, ils ont conquis toute la partie Nord de l'Inde, du Rajasthan au Punjab.

Les lions du groupe nord-africain/asiatique ont donc vécu dans des conditions écologiques (milieu, climat, durée relative du jour et de la nuit...) variées. Ils ont peuplé des déserts pourvus d'oasis (Sinai, Sahara, Yémen), des steppes (Irak, Anatolie), des bords de mer et divers types de forêts ; ces dernières se trouvaient dans des plaines, des deltas (Afrique du Nord, Levant, Grèce), en moyenne et haute montagne, ou en bordure des cours d'eau (Danube, Amou Daria, Samur, Euphrate, Nestos, Indus...). Quoique davantage présent dans les savanes, le lion subsaharien peut aussi s'adapter à différents milieux. Le lion des cavernes a également vécu dans des écosystèmes variés, manifestant

notamment une résistance au grand froid commune à de nombreux félidés.

Cependant, l'aire peuplée par les lions du groupe nord-africain/asiatique est bien moins vaste que celle des lions des cavernes et des lions atroces. Elle englobe les zones tempérées et tropicales d'Eurasie, d'Afrique du Nord et de la péninsule Arabique, s'étendant jusqu'en Hongrie au Nord et jusqu'à l'Inde à l'Est (voir la figure page 54). Les latitudes comprises entre 30 et 43 degrés Nord auraient constitué le cœur de leur territoire. Ils s'y sont maintenus durant six à huit millénaires. Plus au Nord, leur expansion aurait été limitée par des conditions naturelles qui différaient trop de celles de leur lieu d'origine. En outre, les proies y étaient moins nombreuses et moins grosses.

En Inde, l'environnement semble avoir été accueillant, sauf en bordure du Gange (où les forêts étaient trop denses pour le lion), et au Nord (où s'élèvent les premiers contreforts himalayens). Les lions n'ont pas atteint le Sud du pays, mais aucune barrière écologique n'y a été détectée : il est possible que leur expansion ait été arrêtée par l'homme.

Les lions sont restés plus ou moins longtemps aux divers endroits. Ils ont disparu de l'Ouest et du centre de l'Europe il y a plusieurs milliers d'années : des restes osseux datés de 2 500 ans avant notre ère et découverts en Hongrie et en Ukraine constituent la dernière trace qu'on y ait trouvée. Ils ont sans doute été fragilisés par une accumulation de conditions naturelles contraignantes (saisons marquées, froid et neige pendant plusieurs mois, couverture forestière dense...). En Asie du Sud-Ouest, notamment au niveau de l'Afghanistan, ils ont pâti de l'aridité, du froid, et peut-être de la relative dispersion des grands herbivores dans les steppes. Au Sud, ils ont été mis en difficulté par l'aridité, qui s'est installée du Sahara à la péninsule Arabique.

Outre ces facteurs climatiques, les lions ont été victimes de l'accentuation des impacts anthropiques à partir de l'âge du bronze. L'espace disponible pour la faune sauvage s'est amenuisé et les populations de lions se sont fragmentées et isolées, devenant de plus en plus vulnérables.

### Les lions, victimes de l'homme

En Grèce, les lions se sont retranchés dans les montagnes du Nord et du centre du pays, d'où ils ont fini par disparaître vers le I<sup>er</sup> siècle de notre ère. Dans le Transcaucase (Géorgie, Arménie, Azerbaïdjan), où ils semblent avoir été nombreux, ils ont survécu jusqu'au X<sup>e</sup> siècle de notre ère. Ils se sont finalement éteints en raison des chasses organisées par les peuples natifs, les Shirvanshahs, dont ils habitent encore les récits et le folklore. En Israël et en Palestine, ils se sont maintenus jusqu'au XIII<sup>e</sup> siècle.

Ils ont persisté plus longtemps dans d'autres régions de l'Asie. En Turquie, ils ont survécu jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle dans des contrées isolées. En Syrie, en Irak, et plus à l'Est au Turkestan, en Afghanistan et au Pakistan, ils se sont également maintenus jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, notamment dans les vallées et près des fleuves. En Iran, ils étaient encore abondants en 1875, mais avec les chasses et les déforestations, ils ont fini par disparaître en 1941. En Inde, où ils étaient assez répandus dans le Nord, ils ont subi des chasses intensives pendant plusieurs siècles et se sont raréfiés drastiquement ; dès 1891, il n'en restait que dans la région qu'ils peuplent encore aujourd'hui.

Qu'en est-il du berceau du groupe nord-africain/asiatique, l'Afrique du Nord ? Du IV<sup>e</sup> siècle avant notre ère au III<sup>e</sup> siècle de notre ère, les lions ont été massacrés par les Romains. Après cet

épisode, ils ont connu un répit de près de 1 500 ans. Leur sort s'est à nouveau dégradé à partir de la colonisation européenne, au <sup>xix</sup><sup>e</sup> siècle, l'apparition du fusil à tir rapide et la démocratisation de la chasse. Les lions ont disparu progressivement d'Afrique du Nord entre la fin du <sup>xix</sup><sup>e</sup> et le milieu du <sup>xx</sup><sup>e</sup> siècle. Le dernier lion sauvage d'Afrique du Nord a été tué au Maroc en 1942. Au Sahara, les lions avaient décliné, mais pas totalement disparu, avec l'extension du désert. Quelques populations isolées ont survécu jusqu'au milieu du <sup>xx</sup><sup>e</sup> siècle. Elles ont été éliminées par les Touaregs.

Les derniers lions sauvages d'Eurasie vivent dans la péninsule Kâthiâwar, dans l'Ouest de l'Inde, où une réserve naturelle a été créée. À la fin du <sup>xix</sup><sup>e</sup> siècle, leur population a décliné jusqu'à une douzaine d'individus, dont sont issus tous les lions d'Asie actuels, de sorte qu'ils présentent une diversité génétique plus faible que les lions subsahariens.

Le milieu naturel est composé d'un environnement mixte de savanes et de forêts. Le climat alterne entre saisons sèches et moussons. Les cyclones y sont réguliers, pouvant déraciner des centaines d'arbres en quelques heures. La faune comprend une dizaine d'espèces de gros herbivores sauvages, avec une large dominance du chital (*Axis axis*), un cervidé d'environ 50 kilogrammes. D'autres grands carnivores, tels les léopards, peuplent aussi la région.

## Une population croissante, mais fragile

À l'inverse de leurs homologues africains, les lions indiens actuels vivent essentiellement dans les forêts. Ils peuvent s'y embusquer près des points d'eau, très fréquentés par les grands herbivores durant la saison sèche. Les mâles indiens sont de meilleurs chasseurs que ceux d'Afrique, notamment parce que leur crierie moins fournie les préserve d'une transpiration excessive, de sorte qu'ils ne dépendent pas des femelles pour se nourrir.

En Inde, les groupes résidents comportent peu d'individus (deux femelles en moyenne) et ont de petits territoires : entre 72 et 81 kilomètres carrés pour les groupes de femelles, et entre 75 et 188 kilomètres carrés pour les groupes de mâles, qui vivent de façon indépendante en dehors des périodes de rut.

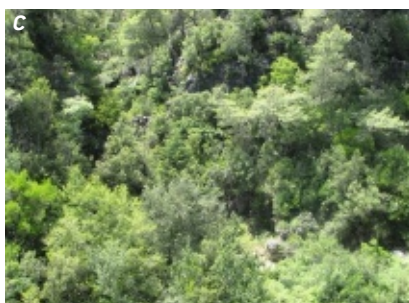
La femelle ne se reproduit que tardivement : elle doit être âgée d'au moins huit ans et établie dans un groupe. Les lions indiens ont une grande fécondité : la population comprenait 177 adultes en 1968, 359 en 2005 et 411 en 2010. Avec la croissance de la population, le territoire des lions s'est naturellement élargi : en 2006, 106 d'entre eux s'étaient établis en dehors de la réserve. Les groupes y sont plus réduits, car les proies sont plus rares et la survie plus aléatoire.



© Brigitte Lion



© Franschojysstuttsstock.com



© Annik Schmitzer

**5. DES MILIEUX VARIÉS** ont été investis par les lions du groupe nord-africain/asiatique : des bords de cours d'eau (a, dans la vallée de l'Euphrate), des oasis au milieu de déserts (b), des forêts de montagne (c, en Crète)...

Malgré cette croissance, la population indienne reste très fragile, en raison d'une grande uniformité génétique, d'une spermatogenèse anormale (79 pour cent des spermatozoïdes sont non féconds, contre 25 à 61 pour cent pour le lion africain) et d'un taux de mortalité élevé (environ 59 pour cent) parmi les lionceaux. Tout événement climatique ou sanitaire important peut l'anéantir rapidement : le lion est sujet à de nombreux pathogènes, d'autant plus dangereux que

les populations sont petites et que leur uniformité génétique rend difficile la sélection d'une souche résistante.

Autre problème, les lions indiens cohabitent assez mal avec les villages périphériques. Dans la réserve de Kâthiâwar et ses alentours vivent près de 160 000 personnes et plus de 110 000 têtes de bétail. Les lions s'attaquent aux uns et aux autres : entre 1985 et 1995, ils ont tué 11 485 bovidés domestiques, blessé 95 personnes et causé 16 décès humains. Des efforts politiques sont donc indispensables pour améliorer la cohabitation entre l'homme et le lion. En Inde, on a par exemple proposé d'augmenter la densité de proies sauvages, pour diminuer les attaques contre l'homme et le bétail, et d'augmenter la superficie de la réserve : celle-ci passerait de 1 883 kilomètres carrés à 2 500 kilomètres carrés.

Depuis les années 1960, le lion d'Asie bénéficie d'un programme international de reproduction en captivité. Des études génétiques ont déterminé les lions de ce groupe non hybridés, présents dans le zoo de Junagardh, dans la péninsule Kâthiâwar. On les a ensuite faits se reproduire, jusqu'à obtenir près d'une centaine de lions. Entre 1991 et 1992, ceux-ci ont été envoyés dans 36 zoos du monde entier (Zurich, Helsinki, Nantes...). Ces lions seront-ils relâchés un jour ? C'est envisageable, notamment dans la région de Junagardh, où ils pourraient être accueillis dans la réserve.

Les programmes de survie du lion d'Asie s'appuient aussi sur des recherches comportementales. Les zoologues tentent de préciser les conditions les plus favorables à son développement, ce qui pourrait améliorer le choix des futures réserves.

La préservation de l'espèce, de l'Asie à l'Afrique, dépend de l'homme, en pleine expansion démographique. Dans ce contexte, la question de l'acceptation du lion par l'homme est cruciale. Elle est liée à des héritages symboliques – le lion est très présent dans les traditions culturelles de tous les continents –, et aux évolutions sociétales plus récentes, par exemple la préoccupation pour la biodiversité. Une certaine éthique environnementale serait également importante, afin de limiter au maximum la chasse dans les parcs nationaux. Quant à la question des exhibitions d'individus captifs, elle reste ouverte, même si les zoos ont au moins l'intérêt d'éviter une disparition pure et simple. Mais, à l'évidence, ce n'est pas une fin en soi. ■

# La géologie des gemmes

Lee Groat et Gaston Giuliani



## L'ESSENTIEL

- Composition chimique, structure cristalline, origine, nature des inclusions : chaque gemme présente des caractéristiques liées aux conditions de sa formation.
- En les étudiant, les géologues remontent aux mécanismes qui ont conduit à la formation des gemmes.
- Leurs travaux permettent de prospecter de nouveaux gisements et de mieux comprendre les processus mis en jeu dans les profondeurs de la Terre.

**Diamant, rubis, saphir, émeraude, topaze, jade...**  
**Les gemmes sont autant d'indices qui renseignent les géologues sur les conditions régnant dans les profondeurs de la Terre.**

**O**bjets prisés depuis des milliers d'années, les gemmes sont appréciées pour leur couleur, leur lustre, leur transparence, leur longévité et... leur valeur commerciale. Nombre de gemmes étant produites par de petites exploitations dans des régions reculées de pays en développement, il est difficile d'obtenir des statistiques précises sur leur production et leur valeur. En 2008, on estimait néanmoins la production mondiale de diamants bruts à dix milliards d'euros et, en 2001, le commerce mondial de gemmes colorées s'élevait à près de cinq milliards d'euros par an, selon le magazine *Colored Stone*.

Si les gemmes atteignent des valeurs si élevées, c'est en partie en raison de leur rareté. Un gisement de diamant produit en moyenne cinq grammes de gemmes par tonne de matériau extrait, et seuls 20 pour cent de ces gemmes sont de qualité joaillière. Comme le pétrole, les gemmes se forment sur des temps longs, même à l'échelle géologique : par datation radiométrique des inclusions piégées par les diamants, on a déterminé que certaines formations de gemmes ont entre 970 millions et 3,2 milliards d'années. Les gemmes de haute qualité sont extraites beaucoup plus vite qu'elles ne sont produites, ce qui en fait une ressource finie.