

des zoos. La sous-espèce bongo des plaines est un peu moins menacée : sa population atteint plusieurs milliers d'animaux dispersés en Afrique centrale et en Afrique de l'Ouest.

Des antilopes et des tigres

Un groupe international d'organisation de sauvegarde prévoit de relâcher sur deux sites du Kenya des bongos des montagnes élevés en captivité. Le clonage assure un «réservoir» de bongos que l'on pourra réintroduire dans la nature. Qu'en est-il des animaux qui ont déjà disparu ? La première difficulté est le manque de tissu préservé, et donc d'ADN. En 1999, des biologistes ont déterré ce qu'ils espéraient être un mammoth bien conservé, mais, au cours des siècles, des congélations et décongélations successives ont dégradé l'ADN, et les biologistes moléculaires ne savent pas «rapiécer» ces accrocs génétiques.

Il en est de même pour les loups de Tasmanie, qui se sont éteints dans les années 1930 : des biologistes de Sydney essaient aujourd'hui de cloner des cellules d'un loup de Tasmanie conservé dans l'alcool en 1866, mais l'ADN est dans un tel état qu'ils devront sans doute reconstruire tous les chromosomes de l'animal, maillon après maillon.

La chèvre bucardo, dont l'extinction est récente, a plus de chances de ressusciter. Alberto Fernandez-Arias et José Folch, du Service de recherches agricoles de Saragosse, ont congelé du tissu de la dernière chèvre bucardo, après avoir tenté pendant plusieurs années de protéger cet animal victime du braconnage, de la destruction de son habitat et des glissements de terrains. L'an dernier, les biologistes espagnols ont transféré des embryons d'une sous-espèce apparentée à la bucardo chez une chèvre domestique, qui a donné naissance à des chevreaux.

Toutefois, même si les transferts nucléaires interspécifiques réussissent, ils ne donneront qu'une variété de clones, puisqu'on ne dispose que d'un seul animal, une femelle. Peut-être pourra-t-on «fabriquer» un mâle en retirant une copie du chromosome X dans l'une des cellules de la femelle bucardo et en ajoutant un chromosome Y issu d'une espèce de chèvres étroitement apparentée. Toutefois, cette technique, déjà utilisée pour manipuler des chromosomes humains, n'a encore jamais été appliquée au clonage.

Les 101 dalmatiens

Le mouton, la vache, la chèvre et la souris figurent parmi les animaux domestiques que les biologistes ont réussi à cloner. Le clonage d'un chien ou d'un chat ordinaire est-il aussi aisé ? Hélas, non. À ce jour aucune chatte à qui l'on avait implanté des embryons de chats n'a mis bas. Pour les chiens, la difficulté est encore plus grande.

Nous avons entrepris un programme de recherche pour assurer la reproduction des animaux de compagnie, mais aussi des chiens pour non-voyants, des chiens de sauvetage et des animaux utilisés dans un but thérapeutique.

De nombreuses personnes espèrent obtenir, grâce au clonage d'un animal de compagnie décédé, un animal qui aurait le même caractère et le même comportement, lesquels seraient en partie déterminés génétiquement. Bien que les chiens et les chats abandonnés abondent, certains utilisent des techniques traditionnelles de croisement pour obtenir l'animal souhaité ; le clonage offrirait une méthode plus efficace, notamment pour les animaux de service.

Aujourd'hui, par exemple, les chiens mâles pour les non-voyants sont châtrés quand ils sont tout jeunes, afin qu'ils soient plus attentifs au dressage rigoureux : toutefois, lorsqu'un chien est particulièrement compétent, on ne peut le croiser pour obtenir d'autres chiens qui lui ressembleraient.

On devrait pouvoir bientôt cloner le chat domestique, car sa physiologie de la reproduction est bien connue, et le transfert d'embryons, précoces ou tardifs, a donné naissance à des chatons. En revanche, des difficultés subsistent pour les chiens, dont la physiologie de la reproduction est unique parmi les mammifères : la maturation des ovules est très longue et, par ailleurs, le nombre d'ovules disponible est faible. À quand le clonage des 101 dalmatiens ?



Pourquoi cloner ?

Nous pensons que le clonage des espèces en voie de disparition participera à la sauvegarde des espèces menacées. Certains biologistes prétextent, à tort, qu'il réduirait la diversité génétique déjà amoindrie de ces espèces. Nous militons pour qu'un réseau mondial assure la conservation de tissus congelés du plus grand nombre possible d'individus d'une espèce menacée : on disposerait d'un réservoir génétique pour reconstituer des populations entières d'une espèce donnée. Une telle entreprise serait peu onéreuse.

Pour certains, cette pratique éclipserait les efforts de restauration de l'habitat. Nous opposons à cette critique que, si la préservation de l'habitat est la clé de voûte de la conservation des espèces, certains pays sont trop pauvres ou trop instables pour faire cet effort. De surcroît, avec la démographie croissante, l'habitat de certaines espèces disparaîtra inexorablement. Le clonage interspécifique offre la possibilité de conserver le stock génétique de ces espèces sans les maintenir en captivité. Clonage et restauration de l'habitat doivent se conjuguer pour la sauvegarde des espèces en voie de disparition.

Robert LANZA est président du Centre de biologie cellulaire avancée de Worcester. Betsy DRESSER est directrice du Centre de recherches sur les espèces menacées à l'Institut Audubon. Philip DAMIANI est biologiste au Centre de biologie cellulaire avancée de Worcester.

Graham E. CORLEY-SMITH et Bruce P. BRANDHORST, *Preservation of Endangered Species and Populations : A Role for Genome Banking, Somatic Cell Cloning*

and Androgenesis?, in *Molecular Reproduction and Development*, vol. 53, n° 3, pp. 363-367, juillet 1999.

Russell A. MITTERMEIER, Cristina G. MITTERMEIER, Gustavo A.B. DA FONSECA et Jennifer KENT, *Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities*, in *Nature*, vol. 403, n° 6772, pp. 853-858, 24 février 2000.

E.O. WILSON, *Vanishing before Our Eyes*, in *Time*, pp. 29-34, avril-mai 2000.

La fusée VASIMR

FRANKLIN CHANG DÍAZ

Il existe des fusées à forte poussée, mais grosses consommatrices de carburant ; d'autres ont un rendement élevé, mais une force de propulsion médiocre. Un nouveau type de fusées combine les avantages des deux précédents.

L'homme rêve de voyager dans l'espace. Au cours des 20 dernières années, j'ai eu la chance d'y aller six fois. Ces quelque 1 200 heures passées en mission m'ont donné le temps de contempler les étoiles et la Terre depuis l'espace. Quel spectacle ! Déjà avec mes amis, dans les années 1950, nous rêvions de voyager dans l'espace. J'ignorais alors à quel point ce rêve était partagé. Tous mes confrères, quel que soit leur pays d'origine, racontent de semblables rêveries. Sans doute quitterons-nous un jour notre fragile planète pour explorer le cosmos.

Toutefois, si l'homme rêve d'aller dans les étoiles, il est encore dépourvu de tout moyen de s'y rendre vite. C'est pourquoi, avec mes collègues de la NASA, nous avons mis au point un nouveau moteur de fusée. Conçu pour les voyages dans l'espace lointain, VASIMR doit servir au premier voyage vers Mars prévu pour bientôt. Cette randonnée vers la planète rouge sera la première croisière interplanétaire.

Un voyage vers la planète rouge avec les fusées à propulsion chimique actuelles durerait dix mois. La plus grande partie du véhicule serait occupée par le réservoir, et le carburant serait consommé en quelques brèves phases de poussées. La mission Apollo XIII a montré que, dans l'espace, les vaisseaux à propulsion chimique, dépourvus d'autonomie, sont

à la merci du moindre incident. Après l'explosion d'un réservoir, l'équipage de cette mission fut contraint de se réfugier dans le module d'alunissage, avec une quantité d'oxygène limitée et presque plus de carburant. Le sauvetage fut possible uniquement parce que l'accident eut lieu près de la Terre (à quelque 300 000 kilomètres). Un sauvetage serait impossible si un accident se produisait dans un vaisseau en route vers Mars. De surcroît, la lenteur due à la propulsion chimique menacerait la santé physique et morale de l'équipage, sans compter l'exposition prolongée aux rayonnements cosmiques, qui endommageraient le système immunitaire, et à l'impesanteur qui affaiblirait les muscles et les os...

Pour être sûr, un vaisseau interplanétaire habité doit être rapide, fiable et capable de rentrer d'urgence en cas d'incident grave. Il lui faut des systèmes de propulsion efficaces pour couvrir les immenses distances interplanétaires et pour manœuvrer à proximité des planètes de départ et d'arrivée. Tandis que la propulsion chimique continuera d'être une excellente

1. CE MOTEUR DE FUSÉE, dont le principe est entièrement nouveau, éjecte des gaz ionisés. Long de trois mètres environ, il produit des vitesses d'éjection sans précédent : 300 kilomètres par seconde. Le hublot fixé par des boulons, à droite, laisse apparaître l'intense luminosité du plasma produit à l'intérieur du moteur.



Pam Francis